Elektronica en Telecommunicatie 5

Gemeenschappelijke publikatie van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

Coaxiale kabels en systemen in de Benelux[1]

621.395.44:621.315.212:621.375.4

IV. Lijnapparatuur voor coaxiale kabeltypen

door ir. H. N. Hansen, N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie - Hilversum

Summary: *Line equipment for coaxial carrier cables.*
After a brief discussion of the general problems, the article deals with a new 'family' of line equipment for carrier systems, having a capacity from 300 to 2700 telephone channels.

Concentration of the control equipment in a very limited number of repeater stations makes it possible to keep the great majority of the repeaters extremely simple.

The benefits of this principle are: low noise, great stability and extreme flexibility concerning the location of the buried and power feeding repeater stations.

This equipment has been developed in co-operation with the Belgian and Dutch Telephone administrations and was first put into service on a common trial route in Belgium.

1. Algemeen

Het doel van de lijnapparatuur is het compenseren van de kabeldemping.

Kabels hebben een lange levensduur, eisen vrijwel geen onderhoud, de elektrische eigenschappen zijn zeer stabiel en nauwkeurig voorspelbaar. Het ligt voor de hand dat we proberen deze eigenschappen ook aan de lijnapparatuur mee te geven.

Maatgevend voor de dimensionering van de lijnapparatuur is de hoogste frequentie van het over te brengen transmissiesysteem, daar de kabeldemping – uitgedrukt in decibels – vrijwel evenredig is met de wortel uit de frequentie.

Uit het oogpunt van ontwikkeling, fabricage en exploitatie heeft het voordelen de apparatuur voor verschillende soorten kabels en systemen van verschillende verkeerscapaciteiten zoveel mogelijk identiek te houden of althans dezelfde principiële oplossingen te kiezen.

Zo komen we dan tot een familie van lijnapparaturen voor systemen van 300 tot voorlopig 2700 kanalen voor de twee door het CCITT aanbevolen typen coaxiale kabels. Voor zover de bandbreedte 6 MHz of groter is, moeten ook TV-signalen kunnen worden overgebracht.

Ter besparing van tijd zal ik in deze voordracht zoveel mogelijk vermijden bepaalde systemen of kabeltypen met name te noemen, maar uitgaan van een gemakkelijk en numeriek representatief getallenvoorbeeld: een kabeldemping van 10 dB per km bij de hoogste frequentie en bij de gemiddelde temperatuur. Voor verschillende belangrijke afstanden gelden dan de waarden van tabel 1.

Tabel 1.

Afstand km	*Kabeldemping bij nominale temperatuur* dB	*Dempingvariatie bij* ± 10 °C *temperatuurvariatie* ± dB
1	10	0,2
4	40	0,8
36	360	7,2
150	1500	30
2500	25000	500

Zelfs bij korte afstanden zijn deze dempingen onvoorstelbaar groot. Bovendien heeft de kabeldemping een temperatuurcoëfficiënt van 0,002/°C. Wij nemen aan dat de seizoenvariaties van de temperatuur van de in de grond gelegde kabel niet meer dan ± 10 °C bedragen, dus moeten we rekenen op dempingvariaties van ± 2%, zoals in tabel 1 is aangegeven. Deze waarden zijn ook aanzienlijk en moeten door de automatische temperatuurcompensatie worden opgevangen. De door het CCITT ten aanzien van transmissie-eigenschappen opgestelde eisen hebben betrekking op een fictief referentiecircuit van 2500 km, vandaar dat deze afstand in de tabel figureert.

Door de hoge kabeldemping komt men tot vrij korte versterkerafstanden. Bij de bepaling hiervan zijn primair het minimum toelaatbare ingangsniveau en het maximum toelaatbare uitgangsniveau. Het ingangsniveau wordt bepaald door het ruisgetal van de versterkers en de thermische ruis. Het uitgangsniveau wordt bepaald op grond van allerlei overwegingen van praktische aard zoals de beschikbare voedingsenergie en de ter beschikking zijnde uitgangstransistoren.

In de praktijk komt men tot versterkerafstanden tussen 2 en 10 km en een versterking bij de hoogste frequentie van 35 – 45 dB. Kiezen we nu een versterking van 40 dB voor ons

[1]) Voordrachten gehouden voor de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. op 1 maart 1967 te 's-Gravenhage. Zie ook *De Ingenieur* 1968, nr. 16, blz. ET 49.

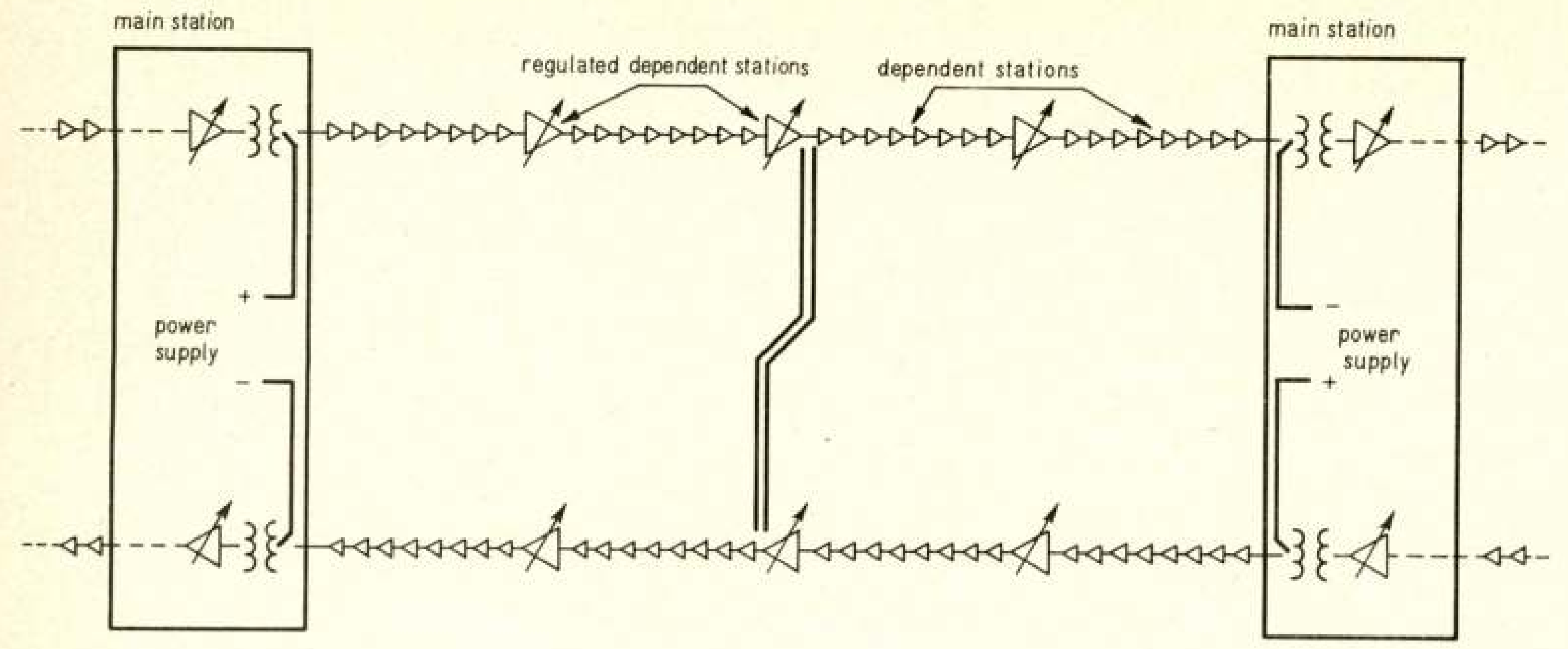


Fig. 1. Vereenvoudigd schema van coaxiale lijnverbinding.

getallenvoorbeeld, dan vinden we een versterkerafstand van slechts 4 km. De versterkers komen dus in grote aantallen in serie voor. Systematische fouten tellen onbarmhartig op, aan de bedrijfszekerheid worden hoge eisen gesteld, omdat het uitvallen van één versterker enige duizenden telefoonverbindingen kan blokkeren.

Bij een coaxiale kabel met 12 pijpen (6 heen en 6 terug, capaciteit tot 16 200 kanalen) bestaat een versterkerstation uit slechts 12 versterkers. Uit een oogpunt van economie en exploitatie is het onderbrengen in huisjes onaanvaardbaar. De enige acceptabele techniek is het begraven van de versterkers bij de kabel, waarbij vanzelfsprekend de aspecten van kosten en bedrijfszekerheid nauwkeurig moeten worden bewaakt.

De vergelijking dringt zich op met onderzeekabels, waarvan de versterkers op de bodem van de oceaan liggen. Deze techniek is al enige tientallen jaren oud, maar ligt economisch in een ander vlak: onderzeeversterkers mogen zeer duur zijn omdat het opvissen van een onderzeeversterker een kostbare en tijdrovende aangelegenheid is en er geen goedkopere alternatieven bestaan.

De toepassing van de onderzeetechniek bij het begraven van versterkers voor landkabels stuit daarom op economische bezwaren. Dat het niettemin lukt om met geringe extra-kosten zeer betrouwbare ondergrondse lijnversterkers te maken, bewijzen de ervaringen met begraven getransistoriseerde lijnversterkers voor het 120-kanalen systeem op symmetrische kabel. Hiervan waren er in Nederland in 1965 10 000 in bedrijf, waarvan er in dat jaar 5 wegens een defect opgegraven moesten worden. Op het ogenblik wordt gewerkt aan een project waarbij coaxiale landversterkers op de bodem van zee-armen met een diepte van circa 30 meter zullen worden toegepast.

Bij het ontwerp zijn we van het standpunt uitgegaan dat, ter wille van de bedrijfszekerheid, elektrische eigenschappen en economie van het totale systeem, de grote meerderheid van de versterkerstations zo eenvoudig mogelijk moet zijn, terwijl de meer gecompliceerde apparatuur in zo weinig mogelijk bovengrondse stations moet zijn geconcentreerd.

Fig. 1 toont een zeer vereenvoudigd schema van een lijn, bestaande uit twee bij elkaar behorende pijpen – heen en terug – uit een coaxiale kabel. De driehoekjes duiden ondergrondse versterkers aan, de grote geregeld en de kleine ongeregeld. De rechthoeken zijn bovengrondse stations, van waaruit de ondergrondse versterkers via de kabel gevoed worden. De figuur toont 36 versterkersecties en geeft dus een afstand van 36 × 4 = 144 km weer. De 36 versterkers bestaan uit: één primaire versterker, 3 op afstand geregelde secundaire versterkers en 32 starre secundaire versterkers. De op afstand geregelde versterkers hebben dezelfde afmetingen als de starre versterkers maar bevatten meer onderdelen.

2. De secundaire versterkers

Volgens bovenstaande conceptie kan 90% van de versterkers zeer eenvoudig zijn, en juist daardoor zeer bedrijfszeker en optimaal qua essentiële eigenschappen. Fig. 2 toont een starre ondergrondse versterker. De schakeling bevat 4 transistoren en er is een overall tegenkoppeling van 29 tot 43 dB.

Essentieel voor de transmissie-eigenschappen is de ruis. Het is gelukt een ruisgetal van slechts 3 dB te verwezenlijken, terwijl de intermodulatieruis te verwaarlozen is ten opzichte van de ingangsruis.

Het energieverbruik bedraagt 0,5 W (50 mA bij 10 V). Dit is belangrijk in verband met voeding over de kabel. Desondanks is de oversturingsmarge zó hoog dat afwijkingen tot + 3,5 dB t.o.v. het normale uitgangsniveau getolereerd kunnen worden.

De op afstand geregelde secundaire versterkers zijn even groot als de starre versterkers, maar bevatten circa 3 × zoveel onderdelen.

3. De ondergrondse bakken

Zowel de starre als de op afstand geregelde versterkers worden ondergebracht in silumin bakken, die voorzien zijn van een speciale coating en direct in de grond worden begraven. Het

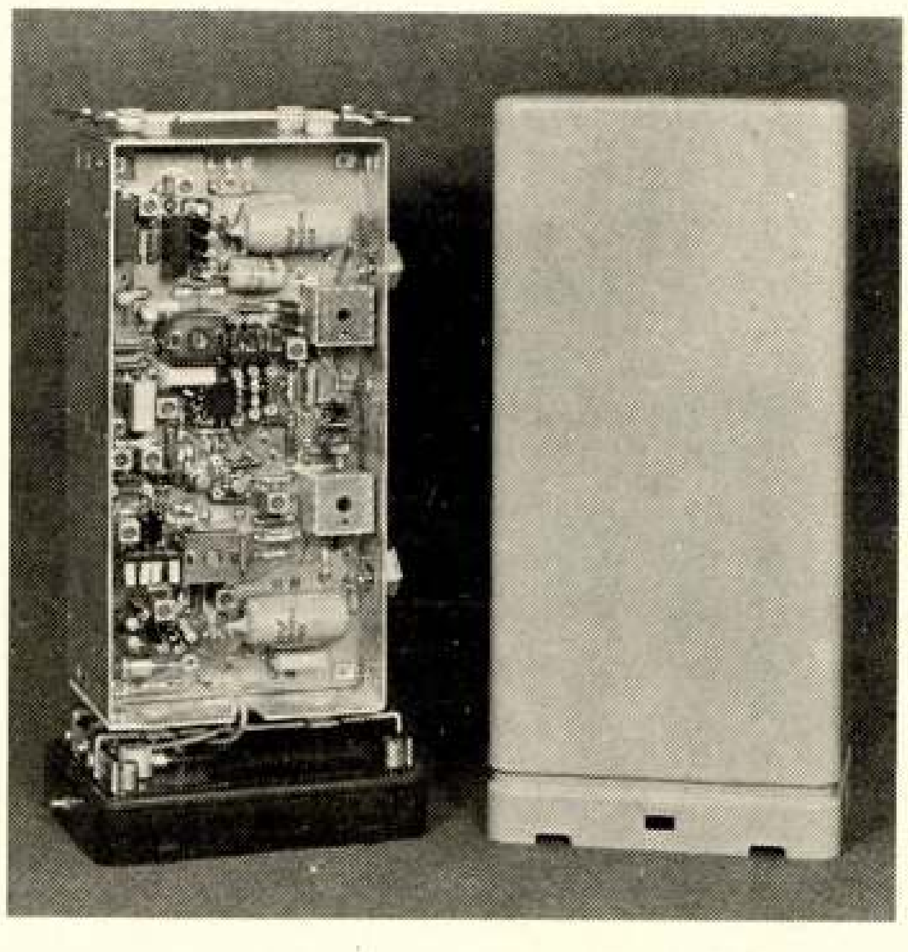


Fig. 2. Coaxiale lijnversterker.

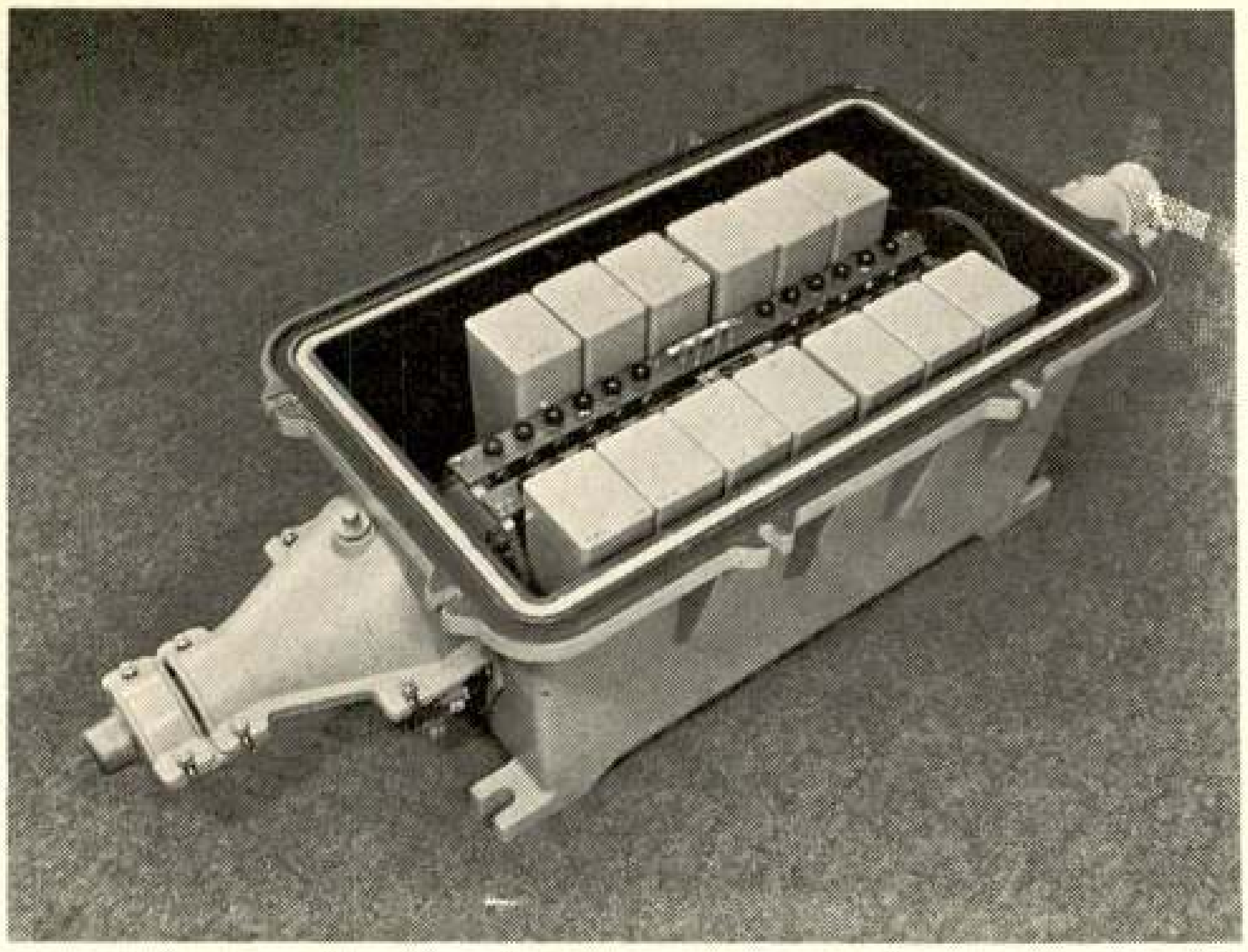


Fig. 3. Ondergrondse versterkerbak met afgenomen deksel.

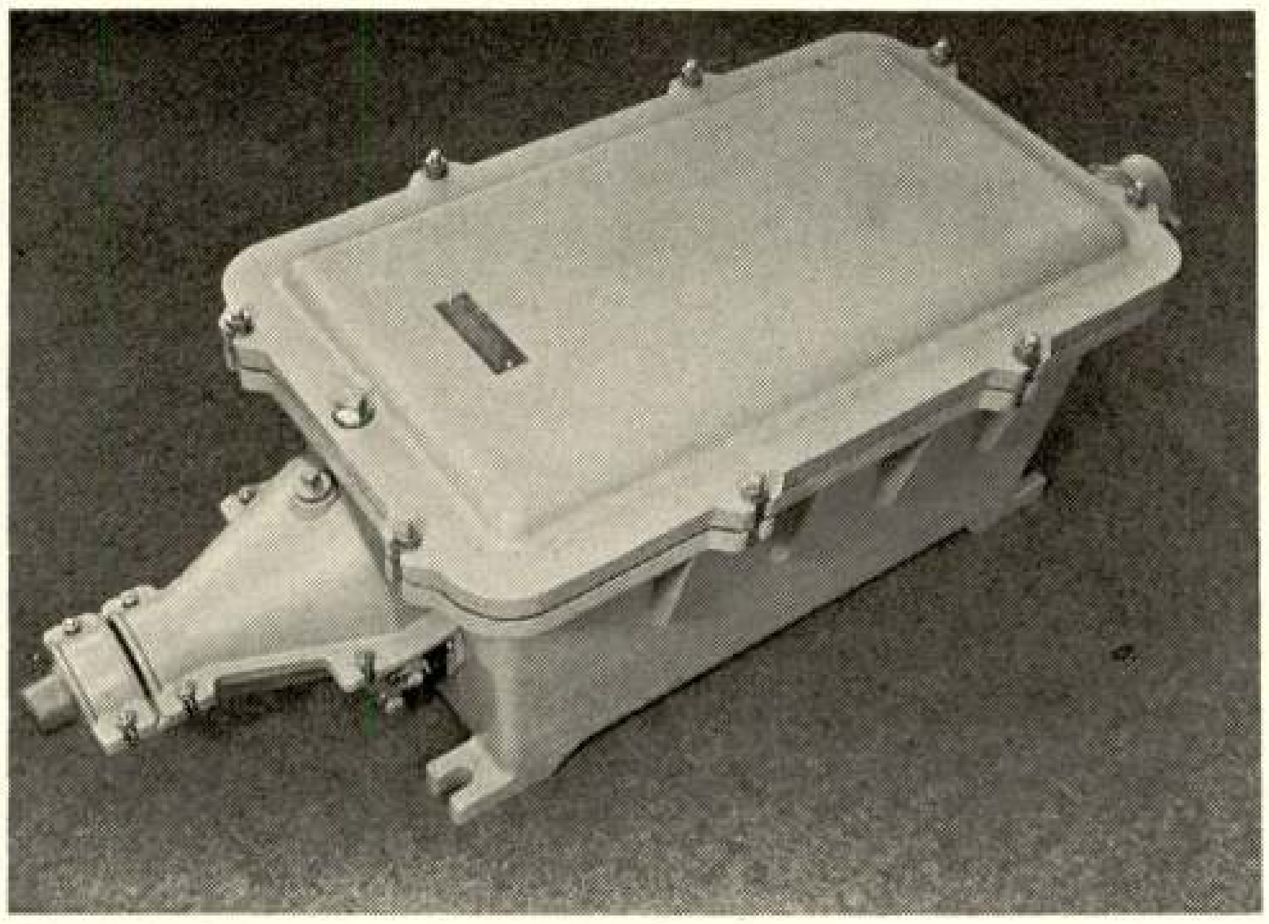


Fig. 4. Ondergrondse versterkerbak in gesloten toestand.

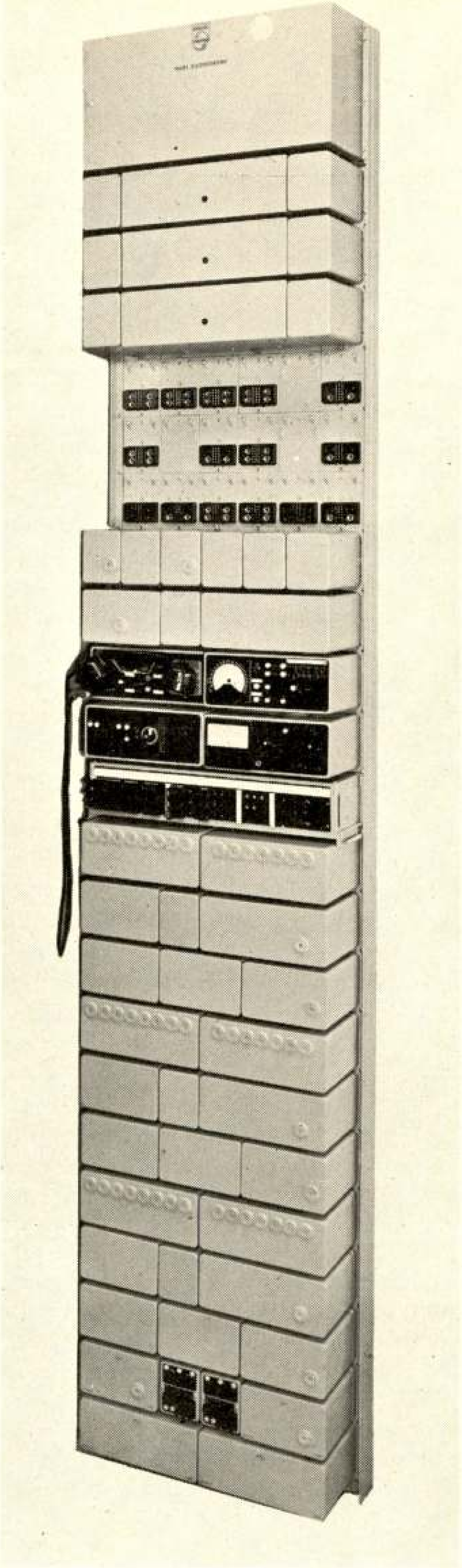


Fig. 5. Rek met primaire apparatuur.

spreekt vanzelf dat aan de waterdichtheid, corrosievrijheid enz. van deze bakken zeer veel aandacht is besteed. De figuren 3 en 4 tonen de bak resp. in open en gesloten toestand. Het mechanisch ontwerp van deze bakken stelt hoge eisen aan de constructeur daar ze niet te zwaar en onevenredig duur mogen worden maar toch even lang moeten meegaan als de kabel. Met de toepassing van het materiaal silumin voor dit doel hebben wij gunstige ervaringen opgedaan sinds 1959. In samenwerking met de Nederlandse PTT en TNO worden sinds enige jaren in het gehele land proeven genomen in verschillende grondsoorten en met verschillende soorten coating.

In deze bakken en ook in de versterkers treft men voorzieningen aan ter beveiliging tegen bliksem en andere hoge stromen en spanningen. Ook dit detail, dat van doorslaggevend belang is voor de bedrijfszekerheid van de apparatuur, vraagt veel aandacht, tijd en ervaring van de ontwerpers.

4. Het primaire station

Dit is altijd bovengronds en bevat regelversterkers, de besturing van de afstandsregeling, de voedingsapparatuur voor de ondergrondse versterkers, de correctie-egalisatie en de foutlokalisatieapparatuur.

Uiteraard kosten deze bovengrondse stations een veelvoud van de ondergrondse, vooral wanneer men er de voorzieningen voor de noodvoeding bij rekent. Bij voorkeur kiest men daarom voor de primaire stations bestaande kantoren. Dit is de reden waarom bij het ontwerp werd gestreefd naar een zo groot mogelijke flexibiliteit ten aanzien van de plaatsing van de primaire stations, m.a.w. de maximum onderlinge afstand moet zo groot mogelijk zijn. Het is voornamelijk de voeding die ons ten aanzien hiervan beperkingen oplegt. Fig. 5 toont een rek uit een primair station met apparatuur voor 6 coaxiale aderparen.

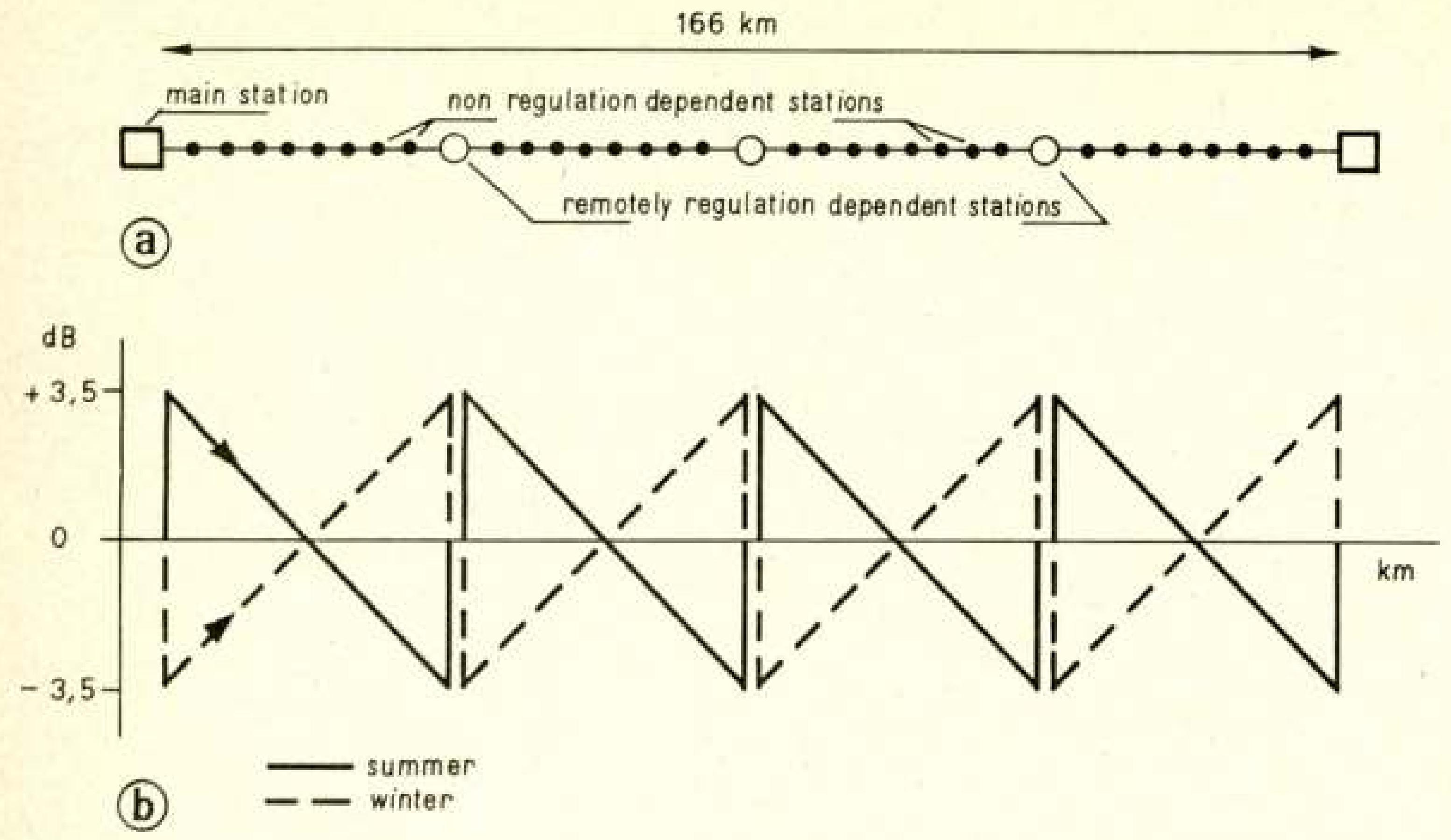


Fig. 6. Niveau-afwijkingen op een primaire versterkersectie bij hoogste zomer- en laagste wintertemperatuur.

5. Voeding

Elk pijpenpaar vormt een afzonderlijk voedingscircuit dat via de binnengeleiders de stroomvoorziening van de bijbehorende versterkers verzorgt. Er wordt gevoed met een constante gelijkstroom van 50 mA (ook in geval van kortsluiting) omdat aangenomen wordt dat het menselijk lichaam deze stroomsterkte nog zonder schade kan verdragen.

Bij een maximumspanning van 250 V tussen binnen- en buitengeleider kan een pijpenpaar dus 500 × 0,05 = 25 W transporteren en het is nu zaak om daarmee een zo groot mogelijke afstand te halen.

Zoals reeds werd vermeld, neemt elke lijnversterker een stroom op van 50 mA bij 10 V. Zodoende kunnen tussen twee primaire stations ongeveer 40 ondergrondse versterkers gevoed worden, hetgeen bij een 12 MHz systeem op grote coaxiale kabel overeenkomt met een afstand van 166 km.

6. Automatische regeling

Zoals hierboven al werd opgemerkt, wordt maar één op de 9 stations geregeld. Dit betekent dat er per geregelde sectie afwijkingen van ± 7 dB t.o.v. de nominale kabeldemping kunnen optreden.

Dit is toelaatbaar door het volgende complex van maatregelen:

a. De secundaire versterkers hebben een zó grote marge tegen oversturing, dat afwijkingen van 3,5 dB t.o.v. het nominaal uitgangsniveau kunnen worden toegelaten zonder dat vervorming door oversturing optreedt.

b. Door hoge tegenkoppeling is het gelukt de intermodulatieruis verwaarloosbaar klein te houden t.o.v. de ingangsruis.

c. Het ruisgetal is slechts 3 dB, waardoor ook aan de ingang van de versterker niveau-afwijkingen van 3,5 dB kunnen worden getolereerd.

d. Van deze eigenschappen is een maximum profijt getrokken door toepassing van een systeem van vóóruitregeling, waardoor bij een totale dempingsafwijking van ± 7 dB per regelsectie, nergens op de lijn een grotere niveau-afwijking dan 3,5 dB voorkomt. Vergeleken met het conventionele systeem met constant uitgangsniveau leidt dit tot een halvering van het aantal geregelde versterkers.

Fig. 6 toont de afwijking t.o.v. het nominale niveau in de extreme situaties.

's Zomers zenden de regelende versterkers een 3,5 dB te hoog niveau en ontvangen een evenveel te laag niveau, 's winters is de situatie net omgekeerd. Over alle versterkers gerekend zijn deze twee extreme situaties identiek: de helft van de versterkers heeft een te hoog niveau, de andere helft een te laag niveau. Hierdoor treedt een zekere compensatie op, daar niveau-afwijkingen naar boven wèl een verlaging van de ingangsruis, maar geen waarneembare verhoging van de intermodulatieruis ten gevolge hebben.

In de extreme situaties bedraagt daarom de ruistoename t.o.v. de situatie bij de gemiddelde temperatuur slechts 0,8 dB. Dit soort regeling met relatief weinig regelende stations vraagt optimale dimensionering van de ongeregelde versterkers, anderzijds behoeven daarbij geen compromissen te worden gesloten wegens additionele eisen t.a.v. de regeling.

De op afstand geregelde stations worden door een signaal over de kabel gestuurd. Daar ze zelf niet behoeven te beslissen hoeveel ze moeten regelen, zijn ze betrekkelijk eenvoudig en passen in dezelfde doos als de ongeregelde versterkers.

De besturing van de op afstand geregelde versterkers geschiedt door het verschil tussen een variabele en een vaste frequentie die beide onder de transmissieband liggen. Deze frequenties worden opgewekt in het zendende primaire versterkerstation, de gegevens zijn echter afkomstig uit het ontvangende primaire versterkerstation via de kabel voor de andere transmissierichting. De primaire stations meten het niveau van een pilootfrequentie op de kabel en besturen hun eigen regelversterkers alsmede de op afstand geregelde stations van de voorgaande primaire sectie. Deze apparatuur is wel wat ingewikkelder, maar komt zelden voor en dan alleen bovengronds.

De afstandsregeling verloopt bijzonder traag, 0,5 dB per minuut, en dat moet ook, want snelle niveauvariaties kunnen niet van temperatuurvariaties van de kabel afkomstig zijn. Kleine niveau-afwijkingen tot 0,5 dB worden in het primaire station bijgeregeld en bereiken de afstandsregeling niet.

Er zijn voorzieningen getroffen dat bij abnormale toestanden wordt gealarmeerd en de regeling wordt geblokkeerd in de laatste stand vóór het alarm, zodat bijv. het wegvallen van een pilootfrequentie de eerste tijd geen enkele meetbare invloed op de transmissie-eigenschappen heeft.

Dit principe van vèrregaande concentraties van de regelapparatuur staat ons toe om de netwerken in de regelversterkers zeer nauwkeurig aan de kabeleigenschappen aan te passen, bij een minimum totaal aantal onderdelen per kilometer lijn. Het resultaat van deze opzet is dat de grootste afwijking per primaire sectie circa 0,5 dB bedraagt, dat is ongeveer 2% van de te compenseren afwijking.

Een andere eigenschap van dit regelsysteem is het gunstige dynamische gedrag. Dit wordt in hoofdzaak bepaald door de plaatselijke regelaars in de primaire stations. In dit systeem zijn

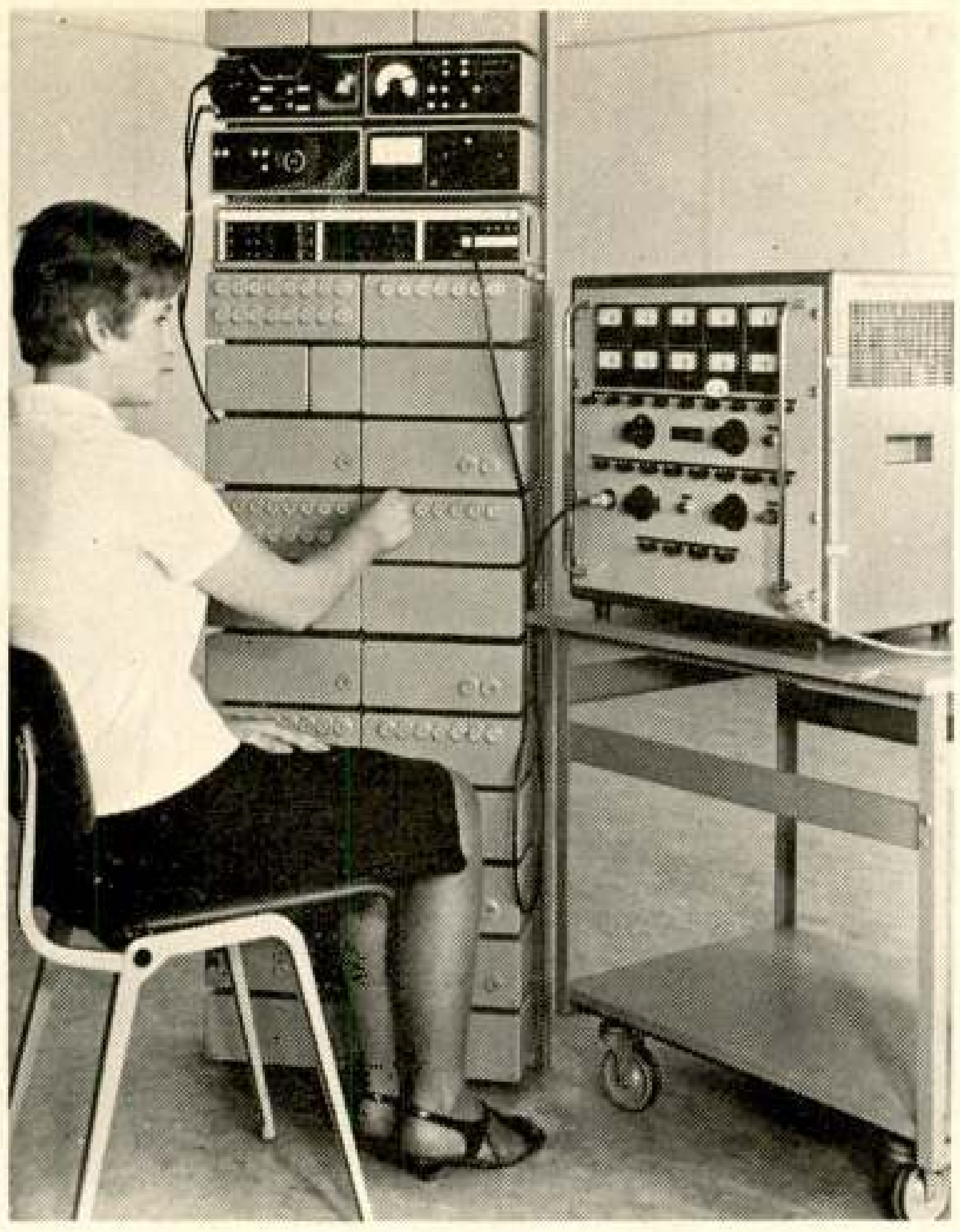


Fig. 7. Inregelen van de lijn met correctie-egalisator.

geen voorzieningen getroffen ter automatische compensering van veranderingen van de versterkereigenschappen, bijv. door veroudering. Deze effecten zijn nagenoeg niet meetbaar en kunnen daarom beter door de hierna te bespreken correctie-egalisatie worden gecompenseerd.

7. Correctie-egalisatie

Ondanks alle maatregelen moet men toch rekenen op het optreden van restfouten, die meestal moeilijk voorspelbaar zijn en ad hoc moeten kunnen worden gecompenseerd.

Hiertoe bevindt zich in elk primair station een regelbare correctie-egalisator, waarmee men met behulp van 20 meetfrequenties 14 cosinustermen kan bijregelen tijdens normaal bedrijf. Dit bijregelen geschiedt met een daartoe bestemd meetinstrument, dat uit de niveaus van de ontvangen meetfrequenties de coëfficiënten van de cosinustermen berekent en ze aanwijst. Op de correctie-egalisator bevinden zich knoppen die elk betrekking hebben op een bepaalde cosinusterm.

Daar deze regelingen elkaar nagenoeg niet beïnvloeden kan volgens deze methode de lijn in zeer korte tijd door vrijwel ongeschoold personeel worden afgeregeld, zoals uit fig. 7 blijkt.

8. Foutlokalisatie

Wanneer de transmissie door een versterkerfout is onderbroken, is het van belang snel te weten te komen welke van de maximaal 35 ondergrondse versterkers is uitgevallen.

In elke versterkerbak bevindt zich daarom één oscillator die via een hulpaderpaar kan worden gevoed en die een frequentie buiten de transmissieband injecteert in alle versterkers die zich in de betreffende bak bevinden. Vanuit de primaire stations kunnen deze oscillatoren op eenvoudige wijze stuk voor stuk worden in- en uitgeschakeld en uit het al dan niet ontvangen van de foutlokalisatiefrequentie kan de plaats van de defecte versterker worden afgeleid. Bij het één voor één in- en uitschakelen van de oscillatoren wordt gebruik gemaakt van het feit dat het gelijkstroomverlies over de voedingsdraden voor elke oscillator verschillend is.

9. Nabeschouwing

Het cahier des charges (eisenspecificatie) voor het hierboven beschreven systeem is tot stand gekomen in samenwerking met de Belgische Regie van Telegraaf en Telefoon en de Afdeling Transmissie van de Nederlandse PTT.

De eerste levering op deze apparatuur betrof een proeftraject op Belgisch grondgebied tussen Brussel en Dendermonde. In een volgende voordracht zal ir. Serrure over de meetresultaten verslag uitbrengen. Dit proeftraject was gemeenschappelijk voor de Belgische RTT en de Nederlandse PTT en de besprekingen over de eisenspecificatie werden dan ook met beide administraties gemeenschappelijk gevoerd. Waarschijnlijk was dit de eerste keer dat twee telefoonadministraties van verschillende landen samen met één fabrikant om de tafel zijn gaan zitten ten einde voor beide landen geldende eisen vast te stellen.

Belangrijker is wellicht dat deze besprekingen – althans voor de fabrikant – zeer inspirerend waren en hebben geleid tot allerlei verbeteringen t.o.v. de oorspronkelijke opzet van de apparatuur, verbeteringen die de bruikbaarheid en de economie ook voor toepassingen buiten de Benelux zeer ten goede zijn gekomen.

Ik wil daarom deze voordracht besluiten met een woord van dank voor deze vruchtbare, efficiënte en – in persoonlijk opzicht – bijzonder aangename samenwerking.

621.315.212:621.395.44

V. Het 6 MHz-systeem op kleine coaxiale kabel; resultaten van de proefverbinding Brussel-Dendermonde

door ir. A. E. Serrure, Regie van Telegraaf en Telefoon - Brussel

Summary: *The* 6 MHz-*system on a 1,2/4,4 mm co-axial cable, results of an experiment on the Brussels – Dendermonde route.*

The paper firstly describes an experimental 6 MHz-transmission system on 1,2/4,4 mm co-axial cable between Brussels and Dendermonde in Belgium. This experiment was the result of a co-operation between Philips' Telecommunication Industries and the Dutch and Belgium PTT Administrations.

The second part of the article deals with the practical experience; it turns out that the experimental system came up completely to expectations.

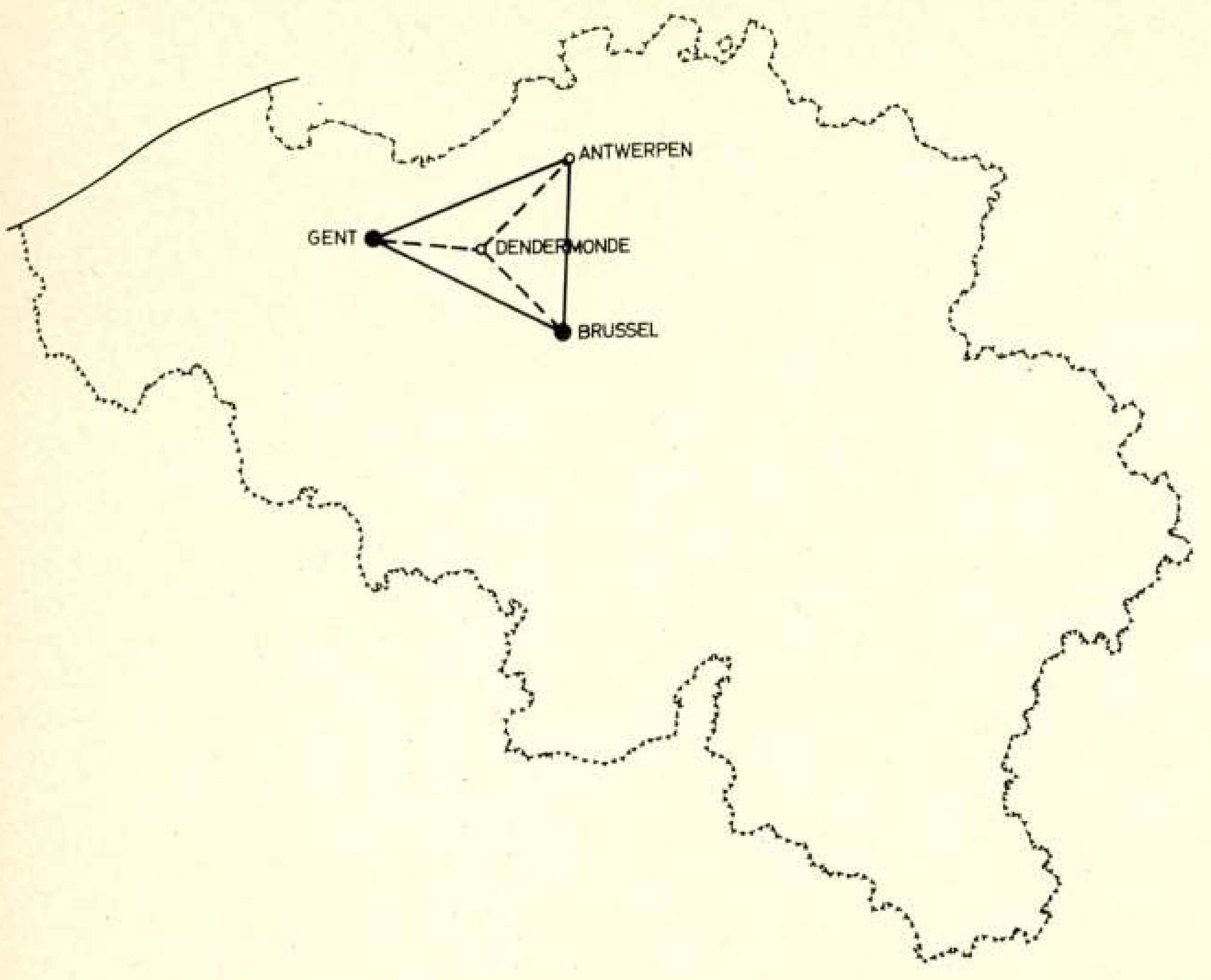


Fig. 1. Het tracé.
——— Bestaande kabels met symmetrische paren.
------- Geplande sterverbinding (klein coaxiale paren).

Het is voor de industrie en voor de Administraties van groot belang samen te werken bij projecten zoals deze betreffende de ontwikkeling van de lijnapparatuur voor coaxiale kabels.

Uit de familie van systemen beschreven door ir. H. N. Hansen[1]) was het 6 MHz-systeem het eerste dat tot stand kwam.

Om de ideeën van het ontwikkelingslaboratorium van Philips' Telecommunicatie Industrie en van de Nederlandse en Belgische Administraties in de praktijk op de proef te stellen werd besloten een proefverbinding op te richten tussen Brussel en Dendermonde.

1. Beschrijving van de verbinding

1.1. Het tracé

De verbinding Brussel – Dendermonde (fig. 1) vormt de eerste straal van een stervormig net ingeschreven in de bestaande driehoeksverbinding met symmetrische kabels Brussel – Gent – Antwerpen – Brussel. De afstand Brussel – Dendermonde bedraagt ongeveer 30 km.

Wegens de hoge capaciteit van de nieuwe coaxiale verbinding (7200 telefoniekanalen) werd besloten de veiligheid te verhogen door het ingraven van de kabel op een diepte van 1 m (normale diepte: 80 cm) en de kabel extra te beveiligen door het aanbrengen, boven de gebruikelijke pannetjes, van een stalen vlechtwerk met geel PVC overtrokken.

1.2. Samenstelling van de kabel

De kabel van de proefverbinding werd gefabriceerd door de Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC)[2]). Onder één loodmantel vinden wij: 12 coaxiale pijpen, 2 sterkwarten van 1,1 mm koperdoorsnede met PVC-isolatie en 5 hulpaderparen van 0,6 mm koperdoorsnede, eveneens met PVC-isolatie.

Zoals gebruikelijk is bij de Regie van Telegrafie en Telefonie voor alle tussensteedse ('interlokale') kabels, werd ook hier een spiraalvormig koperfoelie aangebracht ter controle van de goede isolatie. Deze detectieband is van de loodmantel geïsoleerd door een hygroscopisch papier en van het binnendeel van de kabel door een 'waterwerende' papieromwikkeling. In de eindstations wordt permanent de isolatieweerstand tussen het koperfoelie en de loodmantel bewaakt (isolatie-alarmmelding).

Verder zit onder de loodmantel een gestrekt meterlint dat toelaat vrij nauwkeurig de lengte van versterkersecties te kennen. Gelet op de enge toleranties op de topografische ligging van de ondergrondse kasten ($\pm$ 200 m op de lengte gemeten vanuit het eindpunt van de verbinding) is het meterlint nuttig gebleken.

De coaxiale pijpen zijn van het type 1,2/4,4 mm, zoals door het Comité Consultatif Téléphonique et Télégraphique (CCITT) voorgeschreven in advies nr. G. 342. De isolering van polyethyleen, welke de centrale geleider gecentreerd houdt, is van het bamboe type.

1.3. De elektrische eigenschappen van de kabel

Voor de constructeur van de lijnapparatuur is het van belang de volgende elektrische eigenschappen van de kabel te kennen:
- impedantie;
- verzwakking bij bekende temperatuur;
- temperatuurcoëfficiënt van de verzwakking.

De verzwakking van de coaxiale paren werd zowel op enkele fabricagelengten in de fabriek, als op de kabel – na het leggen – gemeten. Bij de metingen in de fabriek werd de kabel in een watertank op constante en bekende temperatuur gehouden. Bij de metingen aan de gelegde kabel bestaat de moeilijkheid de temperatuur hierin, welke trouwens over het tracé niet constant is, te leren kennen.

Voor het meten van de bodemtemperatuur heeft de Regie speciale thermische sondes ontwikkeld met zeer kleine inertie. Met deze sondes is het mogelijk op een groot aantal punten snel de bodemtemperatuur te bepalen. De kabeltemperatuur wordt

[1]) Zie blz. ET 61 in dit nummer.

[2]) Revue des Télécommunications, Vol. 40, Nr. 4, 1965: R. Tatman and B. E. Ash 'Circuit coaxial de petites dimensions à coquille moulée'.

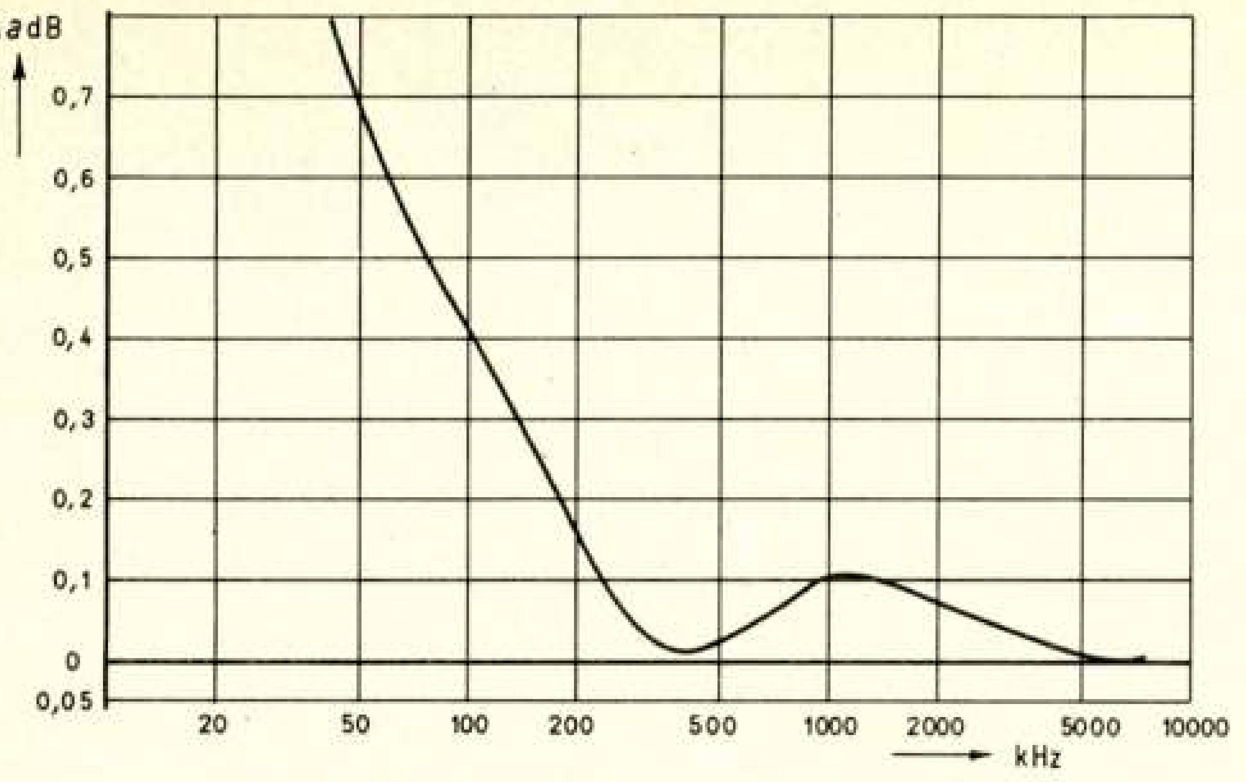


Fig. 2. De kabeldemping per versterkersectie bedraagt:

$$A = \left(38{,}8 \frac{f}{6200} + \Delta a\right) \text{dB}.$$

De grafiek toont Δa als functie van de frequentie f in kHz.

ondersteld gelijk te zijn aan het gemiddelde van de gemeten bodemtemperaturen.

Fig. 2 toont de afwijking van de verzwakking van de Vf-wet per versterkersectie ten opzichte van de frequentie 6,2 MHz. Voor het opmeten van deze curve wordt uitgegaan van een lusmeting over 30 of 60 km, waarbij de winst van de ingeschakelde versterkers vooraf nauwkeurig bepaald is. De temperatuurcoëfficiënt van de verzwakking werd in de fabriek gemeten. Deze coëfficiënt bedraagt nagenoeg 0,002/°C en varieert slechts weinig met de frequentie, behalve voor de lagere frequenties waar de waarde iets hoger ligt.

1.4. De versterkerkasten

De versterkerkasten werden ontworpen om direct in de grond ingegraven te worden. Bij het opstellen wordt vooraf een mengsel zand-cement droog in een kleine bekisting gestort. Ten einde het opdrijven te beletten worden er tussen de binnen- en buitendeksels platen lood aangebracht. De kasten werden niet verankerd. Deze techniek, waarbij de versterkerkasten als laadpotten van L.F.-kabels behandeld worden, stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van de apparatuur en van de kasten zelf. Het is nu nagenoeg 2 jaar geleden sinds de eerste bakken ingegraven werden en gedurende deze periode heeft zich slechts één storing voorgedaan, welke zonder twijfel kon worden toegeschreven aan een montagefout van de rubberafdichting.

Het zij hier nog vermeld dat de kasten uitgerust zijn met watermelders welke zich op de bodem bevinden. De genoemde storing werd tijdig gemeld vóór er schade aan de bedrading van de ondergrondse kast was opgetreden.

1.5. Elektrische opbouw van de verbinding

Met de 12-pijpskabels Brussel – Dendermonde konden 3 lussystemen, elk met een lengte van 120 km worden samengesteld (zie fig. 3). Er dient opgemerkt dat de afstandgeregelde versterkers bovengronds werden opgesteld, hetzij te Brussel, hetzij te Dendermonde. Dit betekent dat de geregelde versterkers zich op een afstand van 30 km bevinden wanneer de normale afstand slechts 27 km mag bedragen. Deze opstelling werd gekozen ten einde gedurende de proefperiode een gemakkelijke toegang tot de afstandgeregelde versterkers te hebben. Zij geeft geen aanleiding tot moeilijkheden met de regeling, vermits constructief de afstand van 27 km samenhangt met een temperatuurzwaai van ± 10 °C welke gemiddeld in ons klimaat nooit wordt bereikt.

2. Meetresultaten

2.1. De ondergrondse versterkers

Fig. 4 toont de ontwerpfout op de winst van de versterkers. De zeer kleine afwijkingen welke bestaan tussen de gemiddelde

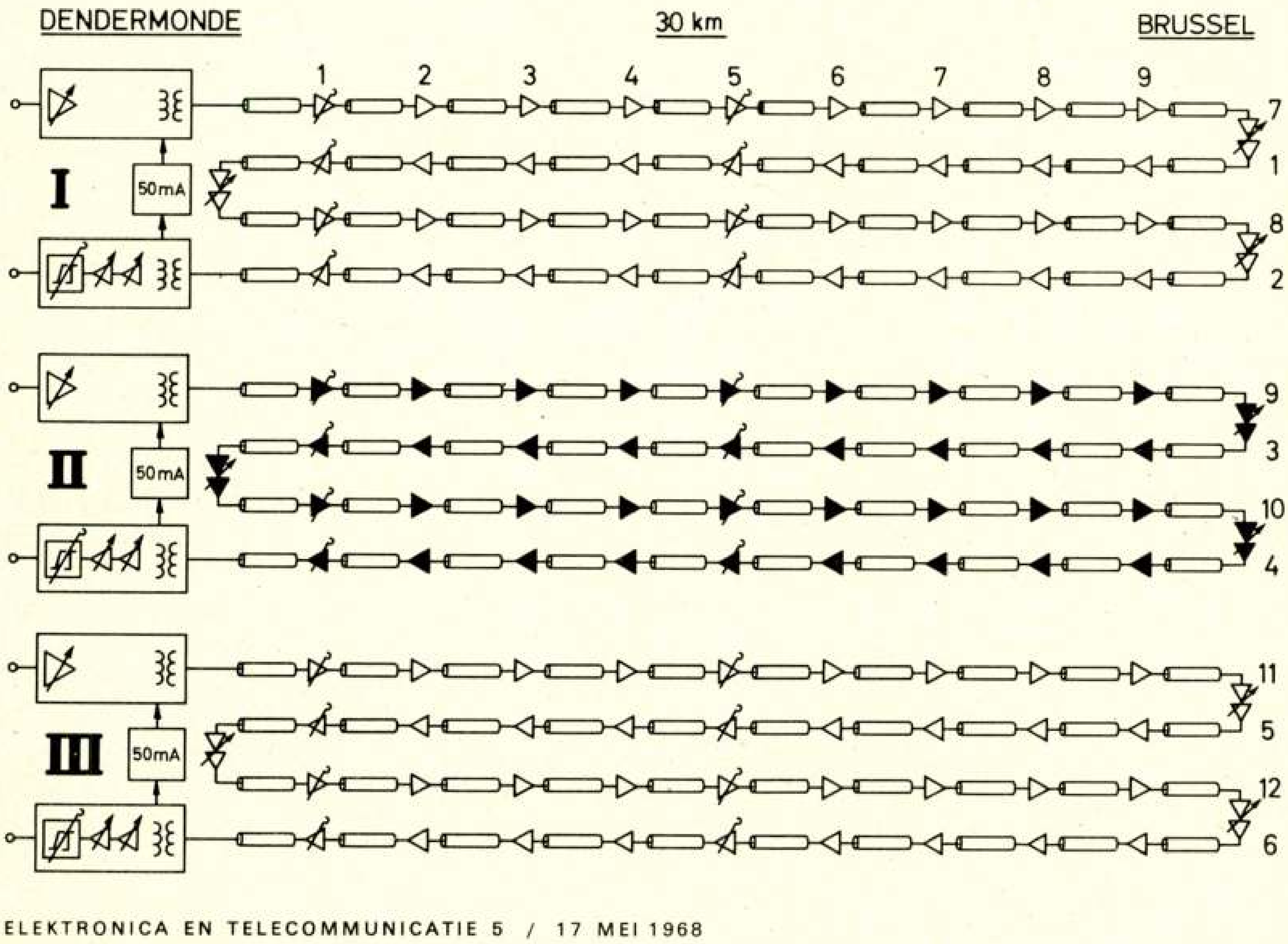


Fig. 3. Elektrische opbouw van de verbinding.

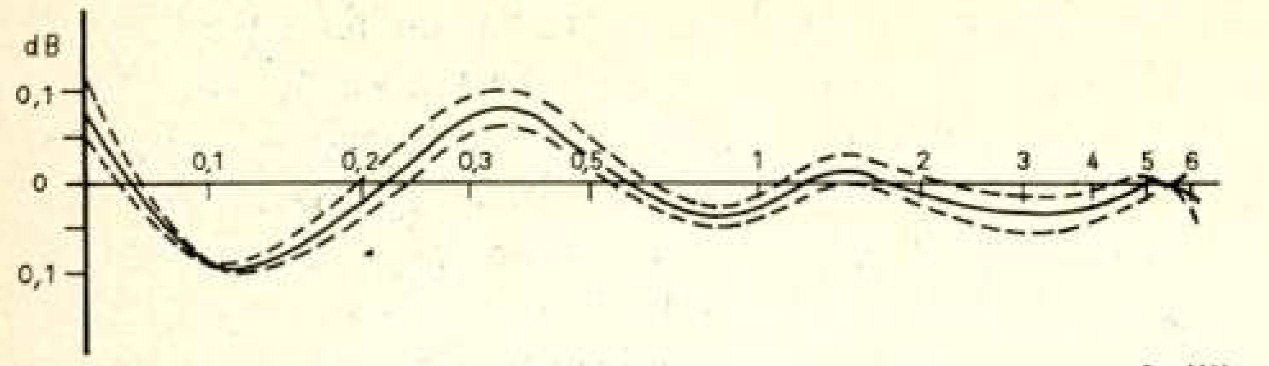


Fig. 4. Ontwerpfout op de winst van de versterkers.

komt te liggen, kan gezegd worden dat het verschil tussen beide curven toegeschreven moet worden aan intermodulatieruis. Uit deze curven blijkt dus dat voor een normaal zendniveau geen merkbare intermodulatie optreedt.

Verder blijkt uit de figuur dat bij alle telefoniefrequenties de totale psofometrische ruis kleiner is dan 1 pW/km, terwijl de eisen door het CCITT gesteld 3 pW/km toelaten. Tenslotte zij opgemerkt dat een marge van ongeveer 9 dB beschikbaar is vóór de saturatie.

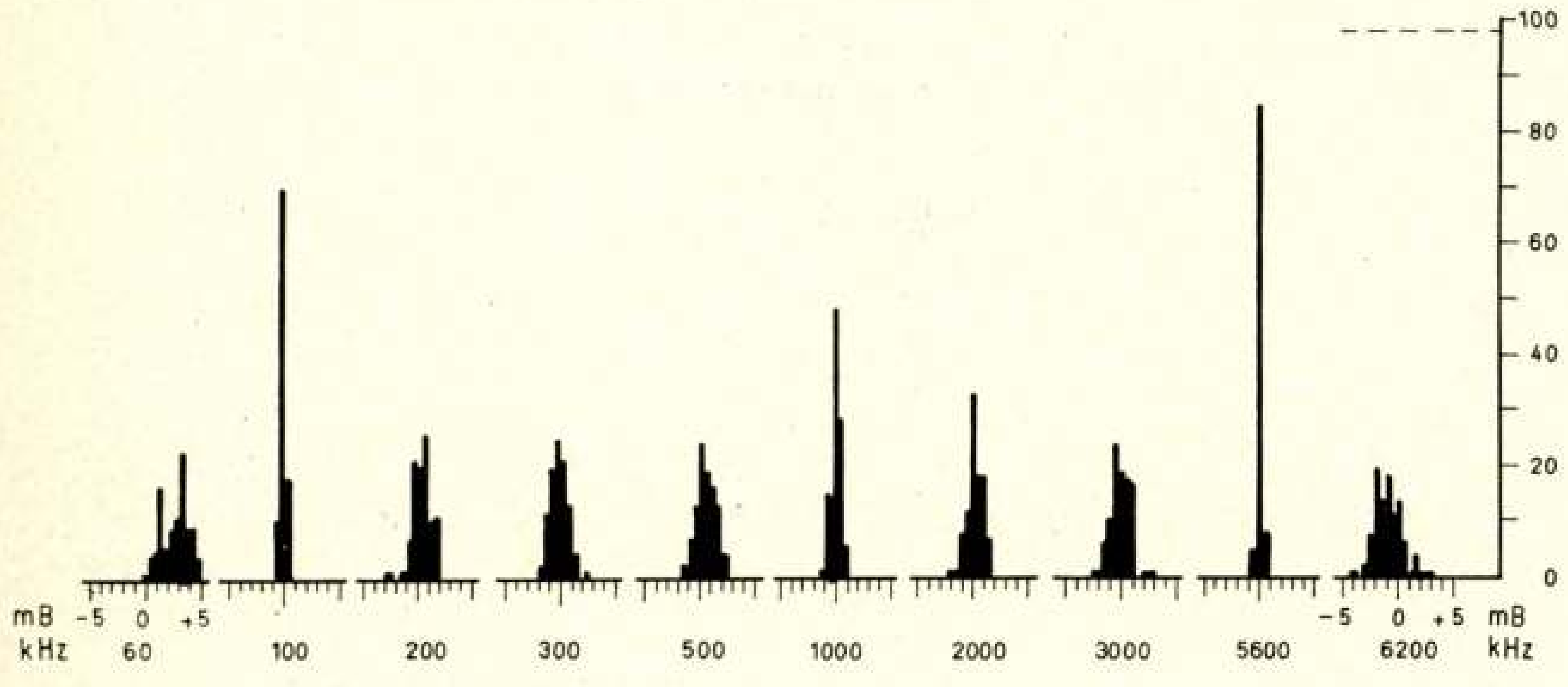


Fig. 5. Histogram van de gemeten versterkingen van 98 versterkers.

waarden van 98 versterkers en de uiterste waarden, geven een goed idee van de bereikte kwaliteit. De grootste afwijkingen zijn kleiner dan 2,5 mB. Het histogram van fig. 5 geeft een verder beeld van de onderlinge gelijkheid van de ondergrondse versterkers. De zeer kleine spreiding welke bekomen werd bij 100 kHz, 1000 kHz en 5600 kHz is het gevolg van fabrieksinstellingen.

Fig. 6 geeft een beeld van de lineariteit van de versterkers. De curve I toont de $(p+q)$-produkten, de curve II $(p-q)$-produkten, de curve III de $(2p-q)$-produkten als functie van het niveau van de fundamentele frequenties.

2.2. Ruis - intermodulatie

Ruis en intermodulatie werden gemeten op elk der systemen van 120 km lengte. Fig. 7 toont de psofometrische ruis per km als functie van de niveauafwijking ten opzichte van het nominaal niveau. Normaal zou de theoretische curve, voor basisruis alleen, het verloop hebben zoals door de streepjeslijn werd aangeduid. Waar in de figuur de totale ruis boven de basisruis

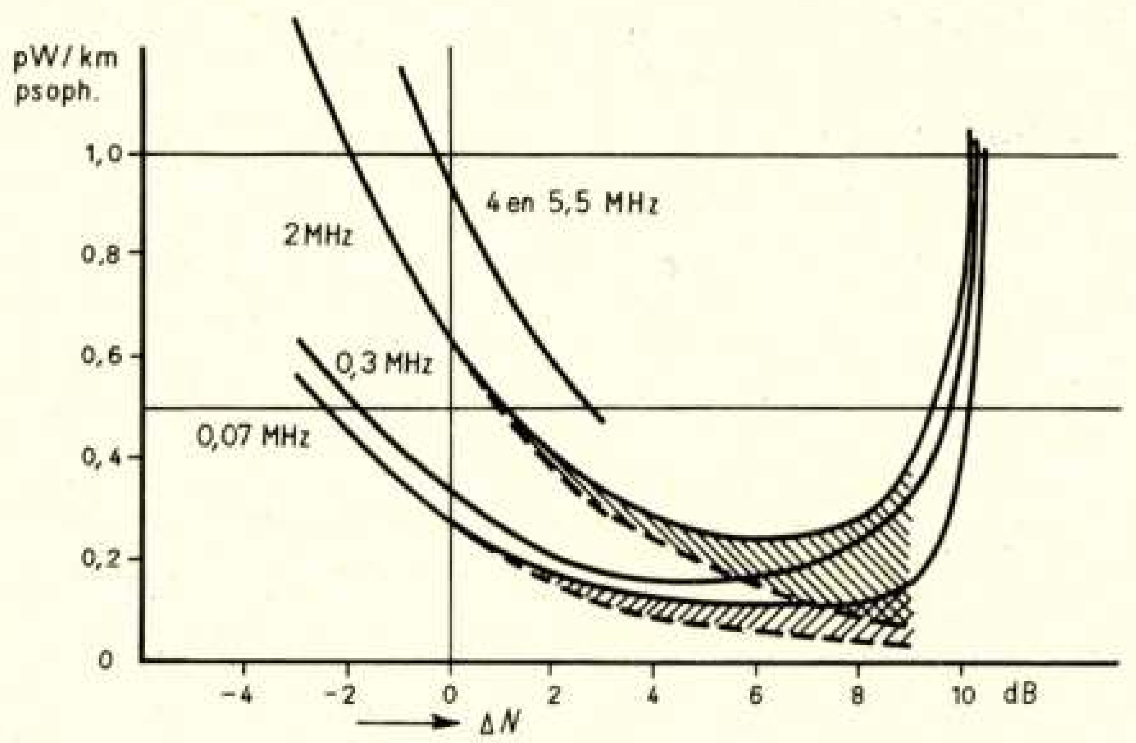


Fig. 7. Psofometrisch gewogen totaalruis per kilometer als functie van een afwijking ΔN van het nominale relatieve niveau op de lijn bij een systeembelasting volgens CCITT met ruis van -15 dBm0 per kanaal.

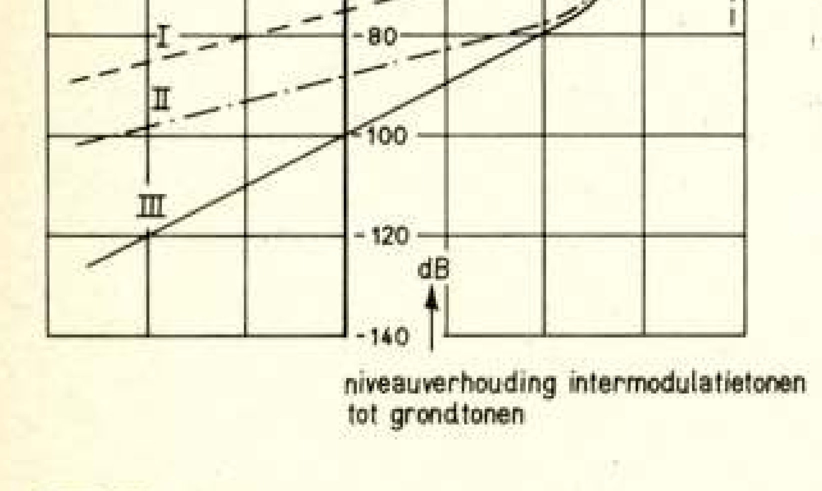


Fig. 6. Niet-lineariteit van versterkers.
------- produkten van het type $(p+q)$
–·–·–· produkten van het type $(p-q)$
——— produkten van het type $(2p-q)$

2.3. Groepslooptijdvervorming

Fig. 8 toont de groepslooptijdvervorming gemeten op een systeem van 120 km lengte. Deze curve toont dat, in geval de coaxiale pijpen zouden worden gebruikt voor het overseinen van televisiesignalen, de vaste correcties vrij eenvoudig zouden kunnen worden uitgevoerd.

2.4. Reactie van het regelsysteem op een niveausprong van de loods

Tot nog toe werd enkel de sprongresponsie van het regelsysteem beproefd. De reactie van het regelsysteem op niveaudalingen van 2 dB van het loodsniveau is weergegeven in fig. 9. De curve A heeft betrekking op één enkele sectie van 120 km, terwijl de curve B de sprongresponsie geeft op 3 secties van 120 km in cascade.

Uit curve A blijkt dat hoegenaamd geen 'overshoot' optreedt, terwijl curve B een zeer geringe 'overshoot' van ongeveer 0,15 dB vertoont.

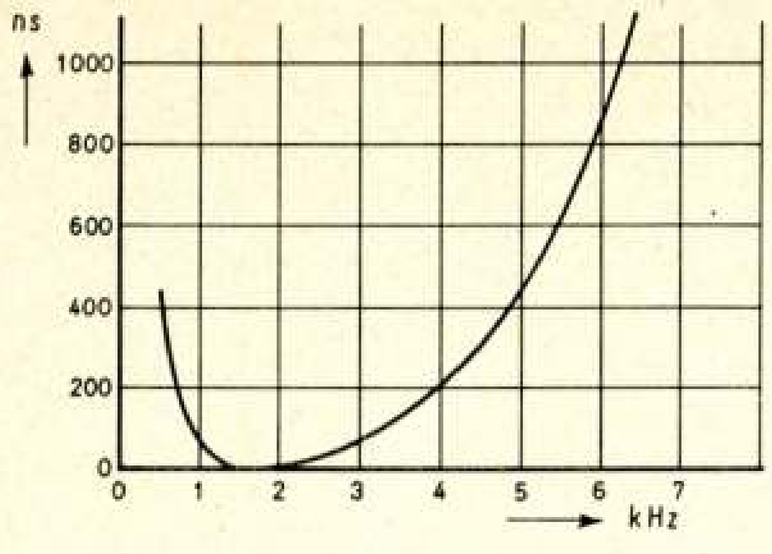


Fig. 8. Groepslooptijdvervorming voor een verbinding van 120 km.

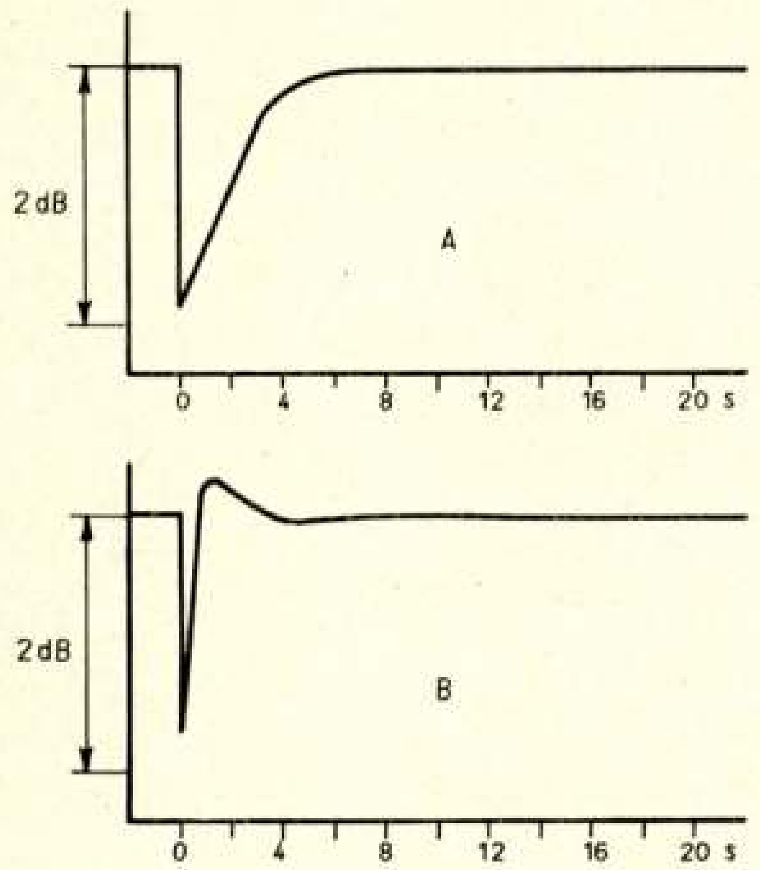


Fig. 9. Responsie van het regelsysteem op een plotselinge niveaudaling van 2 dB aan het begin van de lijn.
A. Aan het einde van 120 km.
B. Aan het einde van 360 km.

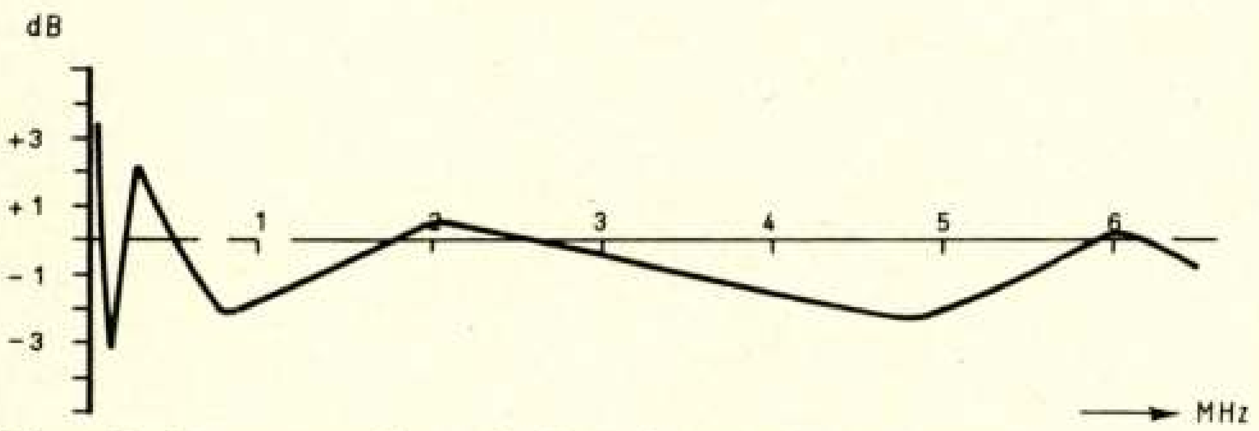


Fig. 10. Restversterking als functie van de frequentie per 120 km vóór het instellen van de correctie-egalisaties.

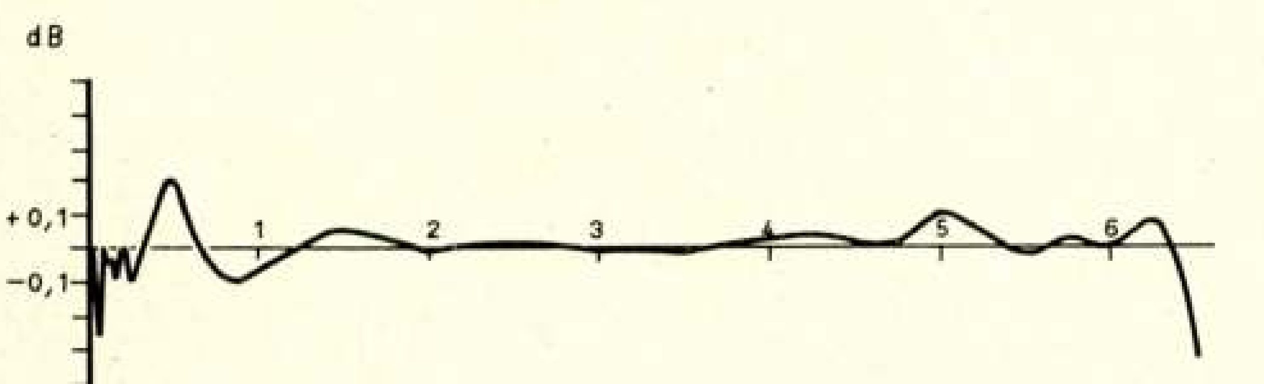


Fig. 11. Restversterking als functie van de frequentie per 120 km ná het instellen van de correctie-egalisaties.

2.5. Restversterking zonder egalisatie

Fig. 10 toont de restversterking van een sectie van 120 km vóór het instellen van de correctie-egalisator. De maximale afwijking ten opzichte van 6,2 MHz bedraagt 3,4 dB. Het kleine aantal slingeringen in deze curve geeft nogmaals een beeld van de kwaliteit, zowel van de kabel als van de versterkers, waarvan de impedantie-aanpassing bijzonder verzorgd werd. De gemeten afwijkingen kunnen trouwens voor een groot deel voorspeld worden aan de hand van de curve betreffende de ontwerpfouten. Het kleine aantal slingeringen vergemakkelijkt ten zeerste de egalisatie.

2.6. Restversterking na egalisatie

Fig. 11 toont de restversterking na het instellen van de correctie-egalisator. In de onderstelling dat we enkel de telefonieband van 300 kHz tot 5564 kHz beschouwen, bedraagt de grootste afwijking, na egalisatie, slechts 0,2 dB. De afwijkingen zijn iets hoger bij de lagere frequenties voor dewelke de genoemde egalisator trouwens niet gebezigd wordt. Bij de lage frequenties immers wordt gebruik gemaakt van een instelbaar correctienetwerk.

Het mag hier nogmaals worden onderstreept dat de kwaliteit van versterkers en kabel duidelijk blijkt uit het feit dat de verschillen welke werden waargenomen tussen de 3 systemen van 120 km zo gering zijn dat ze op de schaal van de twee voorgaande figuren nauwelijks kunnen worden aangeduid.

2.7. Verloop van de restversterking met de kabeltemperatuur

Na een initiële instelling werden de systemen gedurende geruime tijd, en zonder verder ingrijpen, geobserveerd. Een eerste dergelijke periode nam een aanvang op 12-V-1966 en eindigde op 22-VIII-1966.

Fig. 12 toont het verloop van de restversterking van de frequenties 308 kHz en 4287 kHz. Onderaan deze figuur vindt men het verloop van de kabeltemperatuur zoals deze afgeleid werd uit het meten van de weerstand van een gelust hulpaderpaar. In bovengenoemde periode steeg de kabeltemperatuur ca. 5 °C terwijl het niveau bij de frequentie 4287 kHz 0,4 dB toenam.

Op 29-VIII-1966 werden de systemen terug ingeregeld met behulp van de correctie-egalisator. Bemoedigend hierbij is dat de nieuwe uitgangswaarde samenvalt met die van 12-V-1966.

Fig. 12 vertoont het verdere verloop nog tot 17-I-1967. Steeds

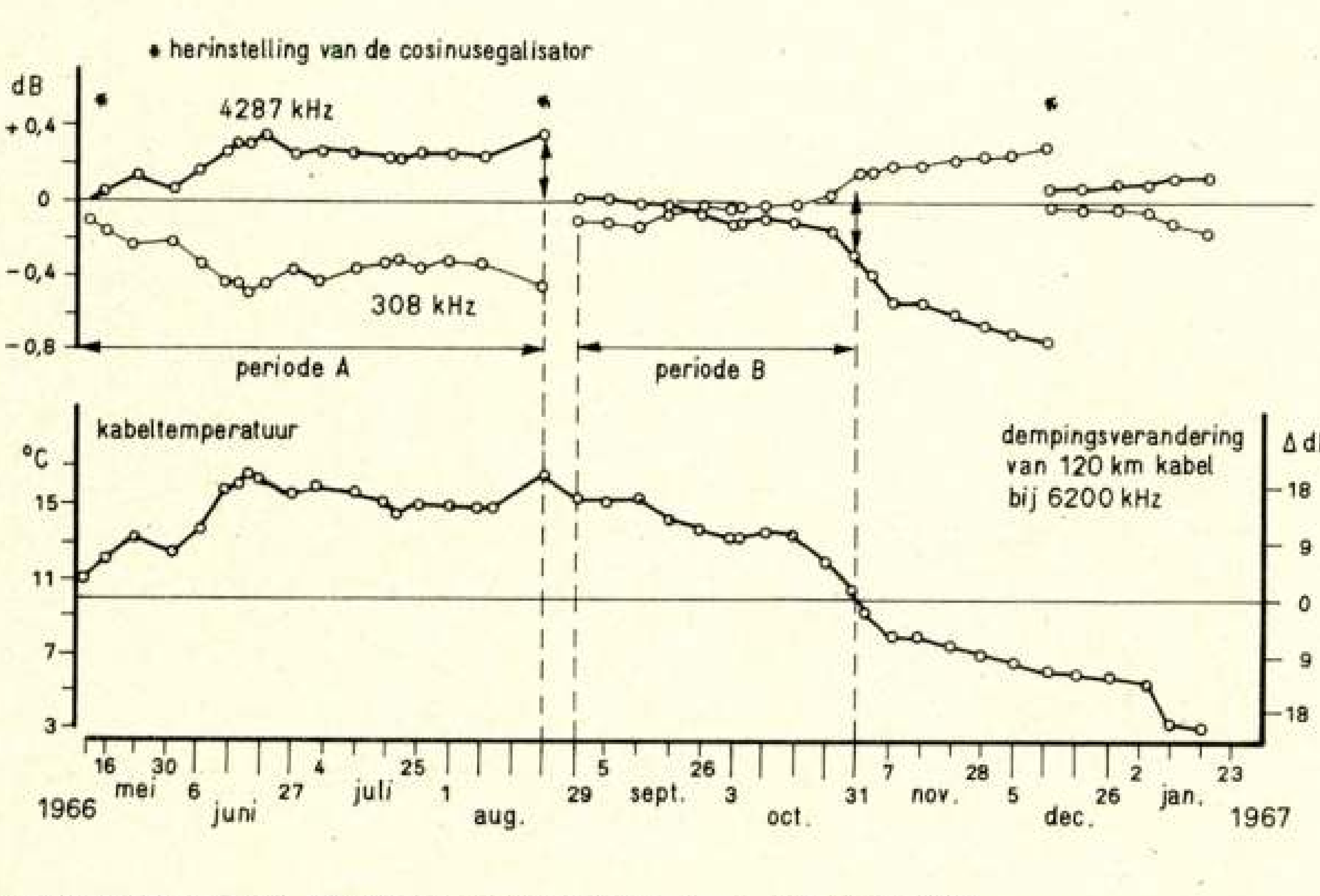


Fig. 12. Het verloop van de restversterking per 120 km bij de frequenties 308 kHz en 4287 kHz als functie van de tijd.

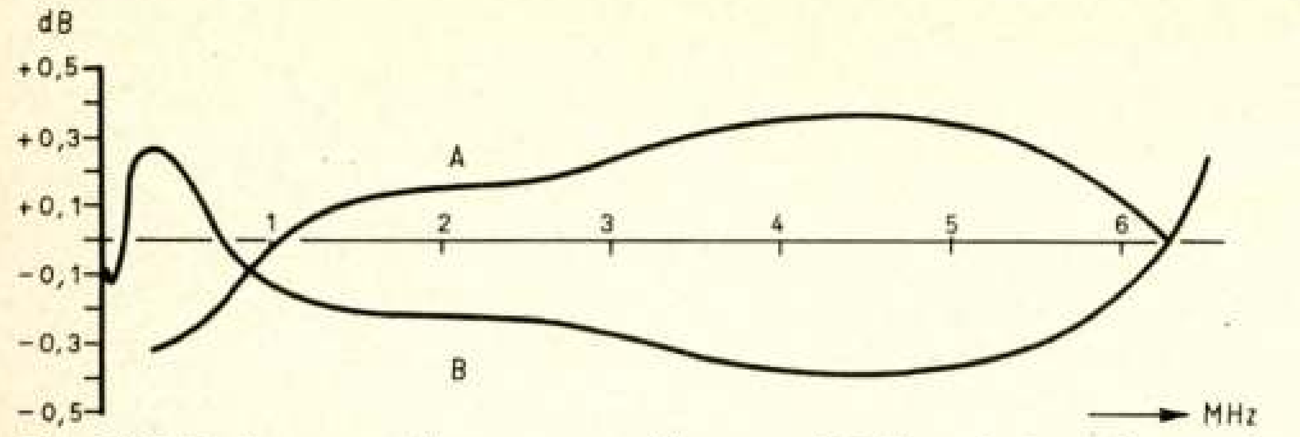


Fig. 13. Verloop van de restversterking per 120 km als functie van de frequentie.
A. door temperatuurverloop van de kabel: + 5 °C.
B. door temperatuurverloop van de kabel: – 5 °C.

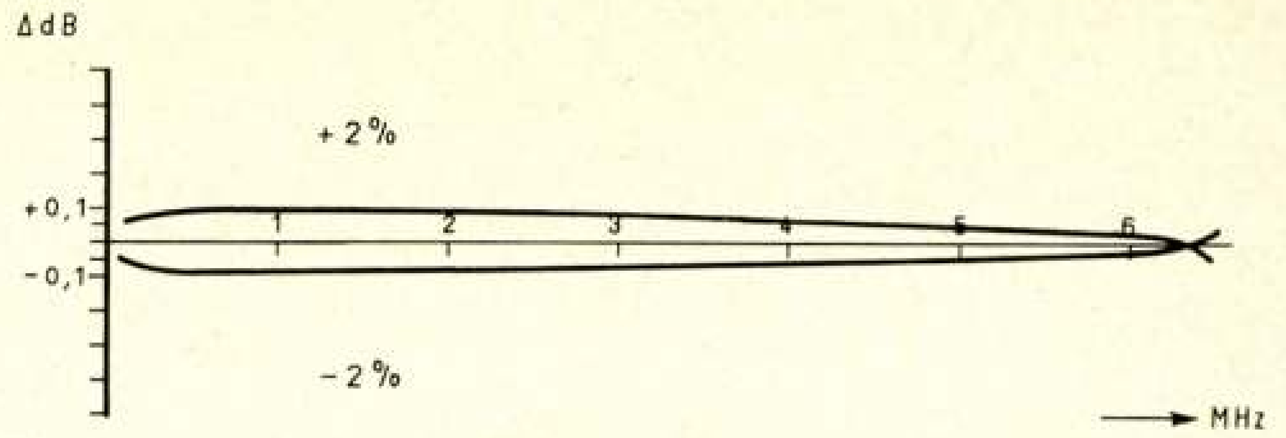


Fig. 14. Verandering van de restversterking als functie van de frequentie ten gevolge van ± 2% variatie van de voedingsstroom.

blijkt, dat het niveau evenredig verloopt met de kabeltemperatuur. Fig. 13 geeft een ander beeld van de variatie van de restversterking van systemen met lengte 120 km. De curve A heeft betrekking op de periode 12 mei tot 13 juni 1966, waarin de temperatuur met 5 °C is toegenomen; de curve B toont de variatie in de periode 29 augustus tot 31 oktober, waarin een temperatuurdaling van 5 °C is opgetreden. Met beide curven A en B stemt een dempingsvariatie van 15,3 dB bij 6200 kHz overeen. De nominale demping van de sectie bedraagt 1530 dB. Ten opzichte van deze cijfers zijn de afwijkingen die in fig. 13 zijn afgebeeld zeer gering te noemen.

Anderzijds is de nagenoeg symmetrische vorm van de curven A en B een aanwijzing te meer dat men het regelprobleem goed in de hand heeft vermits de afwijkingen exact reproduceerbaar blijken te zijn en aan de hand van de diverse parameters volledig verklaard kunnen worden.

2.8. Invloed van de voedingsstroom

Fig. 14 toont de invloed op de restversterking van variaties van de voedingsstroom. Voor een verbinding van 120 km (welke 40 versterkers omvat) geeft een afwijking van 1 mA, hetzij 2%, een variatie van maximum 0,08 dB.

3. Conclusies

De resultaten bekomen op de proefverbinding Brussel – Dendermonde beantwoorden geheel aan de verwachtingen.

De Regie van Telegrafie en Telefonie van België hoopt kortelings de kabels Dendermonde – Brussel, Dendermonde – Antwerpen en Dendermonde – Gent met de op punt gestelde 6 MHz lijnapparatuur uit te rusten.

Voor nieuwe verbindingen wordt gedacht aan een analoog systeem met een bandbreedte van 12 MHz.

VI. Evolution of repeated submarine cable systems

621.315.212:621.315.28

by **A. H. Roche O.B.E. B.Sc. A.C.G.I.,** Consulting Engineer STC - London

Summary: The evolution of submarine cable systems is traced from the early efforts of over a century ago to the modern transoceanic systems of the present day. Consideration is given to the development of both submarine cable and submerged repeaters with particular reference to the considerable achievements of the last decade.

The paper concludes with some discussion of recently developed wider band systems and of future proposals.

1. Introduction

The first submarine cable was laid across the channel in 1850 by the tug Goliath at the instigation of the Brett Brothers. It lasted less than 12 hours, the fault eventually being traced to a fisherman who had 'caught' the cable and, thinking it was a new species of seaweed, had taken a piece home for investigation.

From 1850 onwards further attempts were made with increasing success culminating in 1866, in the successful laying of a submarine telegraph cable across the North Atlantic between the British Isles and Newfoundland and since then many submarine telegraph cables have been laid all over the world. It was not until very much later that submarine cable systems were proposed for telephony.

One of the greatest contributions to the advancement of telecommunications was the appearance of the negative feedback amplifier, in which a portion of the output is fed back to the input with correct phase relations, thereby reducing the distortion and providing the possibility of transmitting a number of channels simultaneously. By 1935 development had been completed of the first British commercial negative feedback amplifier and this was installed in 1936 as a multichannel terminal amplifier in what must have been one of the first co-axial submarine cable systems. The system was 161 n mile (298 km) long and the cable was 0.62 in (15.7 mm) paragutta and ran from Australia to Tasmania. No submerged repeaters were employed.

Probably the greatest advances, however, in Submarine Cable communications occurred with the introduction of polythene into the cables and with the provision of submerged repeaters.

Many new problems had to be overcome in the design of such repeaters. They had to be enclosed in pressure resisting housings and to be capable of many years of continuous operation without any form of maintenance. The cable had to

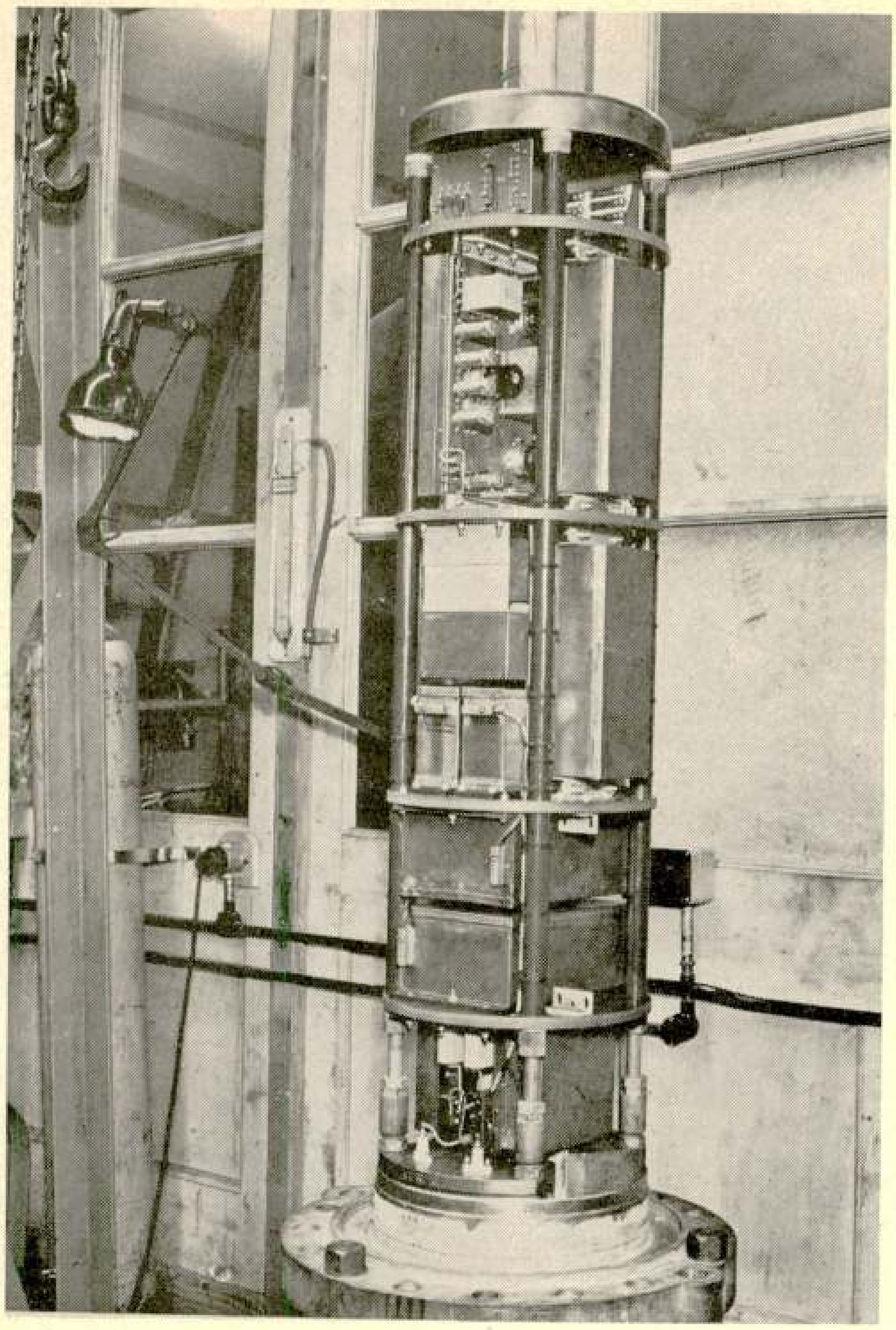


Fig. 1. Early Netherlands-Denmark repeater laid in 1950.

be brought in and taken out without allowing ingress of water. These and many other difficulties were overcome in the years of development proceeding the introduction of submerged repeaters on a commercial basis.

2. Early submerged repeaters

One of the earliest submerged repeaters was laid by the B.P.O. in 1943 in a co-axial paragutta cable between Anglesey and the Isle of Man and increased the circuit capacity from 24 to 48 circuits. In 1946 a single repeater was incorporated in the Lowestoft – Borkum Cable and increased the capacity from 1 to 5 voice channels. In 1950 a submarine cable system was laid between the Netherlands and Denmark consisting of two cables 0.935 in (2.38 cm) diameter between Oostmahorn – Holland and Rømø in Denmark a distance of 142 n mile (263 km). Each of these cables contained two repeaters (fig. 1) and provided 36 4 kHz two-way circuits. The maximum depth was about 30 fathom (55 m). The repeaters were made in a special area under direct supervision of experienced engineers, but to-day the conditions under which they were made would not be tolerated for an instant. However some 12 years later the repeaters were still in satisfactory operation and have only been replaced because it became necessary for traffic reasons to substitute repeaters giving many more circuits.

From these early beginnings the technique for the manufacture of submerged repeaters (fig. 2) gradually grew into the elaborate procedure it is to-day. The success of the early types naturally fostered the idea of a transatlantic cable, but is was decided that some sort of field trial on a larger scale than heretofore was necessary before more ambitious undertakings could be entertained. Thus the design and installation of a repeated cable between Aberdeen – U.K. and Bergen – Norway was undertaken and in September 1954 a cable giving 36 4 kHz two-way circuits and employing seven repeaters was successfully laid. These repeaters were of a new and improved design



Fig. 2. General view of manufacturing assembly area.

and were manufactured in special air conditioned shops with techniques far in advance of anything previously employed on this side of the Atlantic. They were designed for two-way operation on a single cable and were contained in rigid pressure resistant steel housings with glands at each end for cable entry.

Meanwhile in America development had taken a somewhat different course. The shallow water applications had not received as much attention as in this country and work had been directed from the start to long distance deep-sea working. The difficulties of laying an armoured cable incorporating repeaters in deep waters with the attendant troubles of twist and kinking were considered to be so great that it was decided the repeaters must be kept as simple as possible and that they should be contained in flexible housings with a diameter little more than that of the cable itself.

These considerations resulted in simple repeaters that contained the fewest possible number of components and could be laid integrally with the cable. Owing to their simplicity and small diameter (75 cm) however, they only amplified in one direction and thus required the laying of two cables each with their attendant repeaters in order to provide two-way working.

In 1950 the A.T.T. laid the Key West-Havana sytem using this type of repeater. The circuit was 120 n mile (222 km) in length and had three repeaters in each cable at depths down to 950 fathom (1738 m). The system provided 36 two-way channels using the two cables.

3. Repeated transatlantic cables

The experience gained in the planning, design and laying of these circuits of limited length, and in comparatively shallow waters, paved the way to projects involving many repeaters in tandem in the deep waters encountered in the North Atlantic and elsewhere.

In 1953 negotiations took place between Britain, America and Canada for the provision of a repeated submarine cable system between Canada and the U.K. The signing of this contract started off a train of planning, design, manufacture and installation. New machinery and techniques had to be developed and new factories built to manufacture equipment and cables to the extremely high standard that was necessary.

As a result of this work the first transatlantic telephone cable (TAT 1.) was inaugurated in the Autumn of 1956 by the then Postmaster General Dr. Charles Hill.

The system ran from Oban – Scotland to Clarenville – Newfoundland a distance of some 2000 n mile (3708 km) with a maximum depth of the order of 2300 fathom (4209 m). On this portion of the circuit two submarine cables were laid each equipped with 51 Uni-directional A.T.T.-type flexible repeaters giving a total of 36 4 kHz spaced voice circuits. From Clarenville the circuit was continued in a single cable equipped with 16 British two-way repeaters for a distance of 376 n mile (690 km) to Sydney Mines – Nova Scotia. This portion of the system provided 60 4 kHz two-way voice circuits on the one cable.

The success of this system was so great that a second system (TAT 2.) was laid between Canada and France in 1959 using identical repeaters and cable.

4. Types of repeater

From the above it will be seen that the approach to submerged repeaters on the two sides of the Atlantic was fundamentally different. In America the preference was for a one-way repeater of the flexible type that could be laid as part of the cable, while in the U.K. the design had progressed in terms of a rigid type repeater capable of amplifying signals in both directions simultaneously, thus requiring only one cable for a complete two-way system as against the American version requiring two cables for a two-way system (fig. 3).

A disadvantage of the flexible one-way repeater is that by virtue of its construction there is very little space inside the pressure resisting housing and the directional filters necessary for two-way operation cannot therefore be easily incorporated. Furthermore other difficulties arise as the maximum frequency of transmission is increased in order to give a greater number of channels. These objections do not apply to the rigid repeater which provides ample space for the additional equipment necessary for two-way working at high frequency. Furthermore space is available for added safety precautions in the rigid repeater. Thus the flexible repeater contained a single 3-valve amplifier with no safety precautions against the failure of a valve. In the rigid repeater however the amplifier consisted of two 3-stage amplifiers, operating in parallel between common input and output transformers with a single feedback network. The circuit was so arranged that failure of any component in any manner whatsoever in one half of the amplifier would only marginally affect the operation of the overall circuit.

5. Cable design

5.1. General

The transmission path of the submarine cable is a single co-axial pair or core, with three components: an inner conductor which may be a copper wire or tube, a cylindrical core of insulant and an outer conductor comprising one or more tapes of copper or aluminium wrapped round the insulant.

The co-axial pair has been – and still is – widely used for long distance carrier telephone cables over land routes and its properties are well-known. The attenuation depends on the conductivity of the inner and outer conductors, the permittivity and power factor of the insulant, the diameter of the insulant and the frequency.

At frequencies above 50 kHz the copper loss α_c is proportional to the square root of the frequency and the dielectric loss α_d directly to the frequency. The copper loss α_c is directly proportional to the square root of the permittivity K of the core insulant, and accounts for up to 95% of the total loss.

The dielectric loss is not a function of the dimensions of the co-axial pair and may be controlled only by varying the permittivity and power factor of the insulant. There is therefore a clear incentive to develop better insulants for the larger cables.

The insulant used in the very early submarine cables was guttapercha, which was replaced first by paragutta and finally, since its discovery nearly thirty years ago, by polyethylene, which is unquestionably the best insulant for submarine cable use.

The power factor (or loss angle) of the polyethylene now in use has achieved a significant improvement compared with the polymer in use 10 years ago. In 1956 it varied between 500–1000 μrad compared with the present day figures of 70–90 μrad. The improvement has been achieved by the elimination of unwanted plasticisers and contaminants and now a trace of low loss anti-oxidant is the only necessary additive to the pure polymer.

There has been a significant but not so spectacular improve-

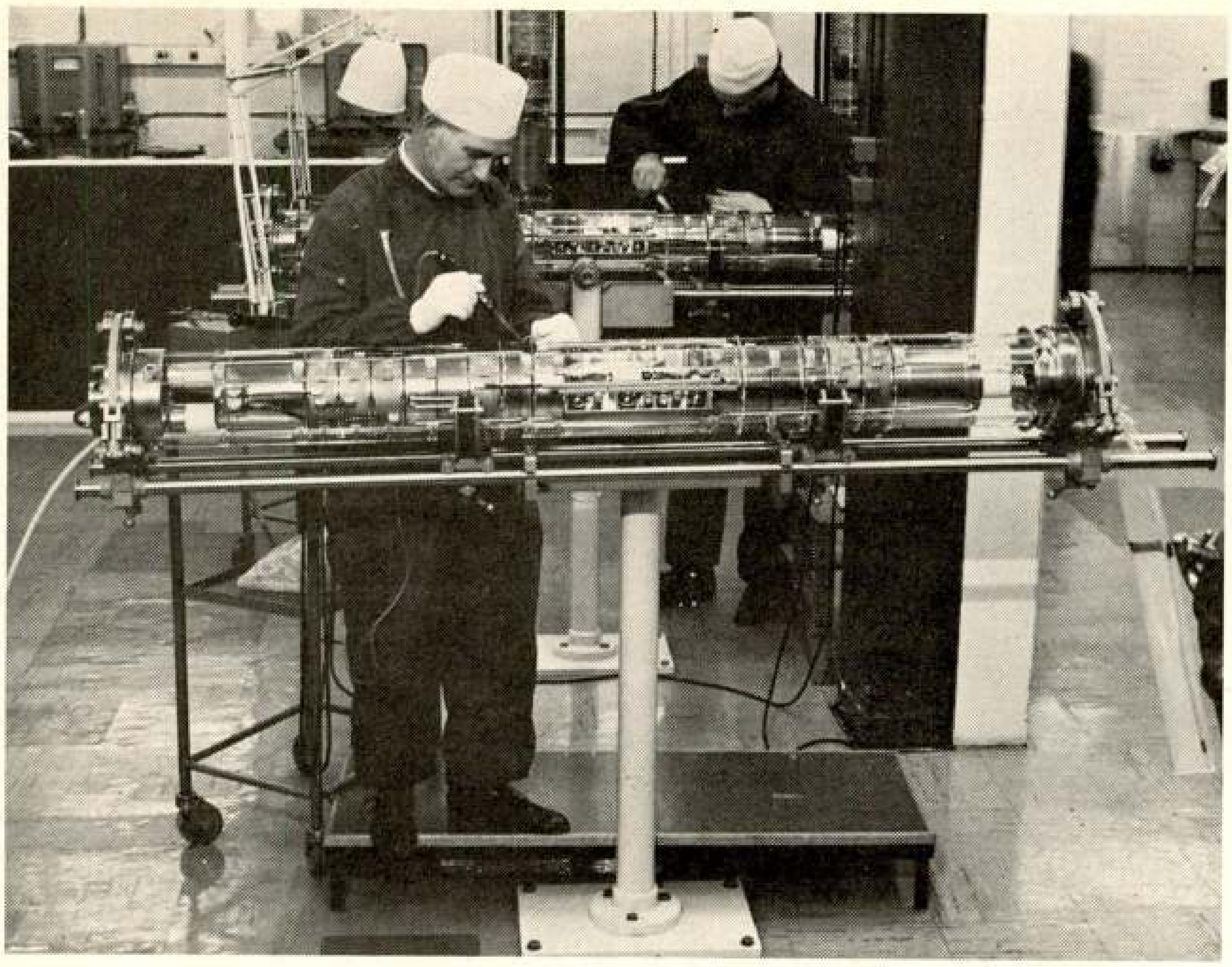


Fig. 3. 3 MHz repeater capsule (360 channels).

ment in the cable copper loss. This has arisen from changing the structures of both inner and outer conductors from the multi-strand and multi-layers of spiral tape construction used in 1956, to the single wire and single tape conductors that can be employed with confidence to-day. This change has been possible, due to the improved quality obtainable in the manufacture of wire and tape, thus reducing the danger of mechanical faults and avoiding the necessity for multi-unit conductors.

5.2. Shallow Water Cable

In a typical shallow water cable the inner conductor is a single copper wire 4.1 mm diameter, the insulant is polythene of diameter 15.7 mm and the outer conductor is six spiral copper tapes. The armouring is a single layer of 6 mm diameter galvanised mild steel wires. A cable of this type could be used down to about 300 fathom (550 m).

For the most recent submarine cable systems with top line frequencies up to 3 or 5 MHz the outer conductor would be changed to a single longitudinally applied conductor which would reduce the cable loss by about 7%.

5.3. Deep Water Cable

In the 1956 design of deep water cable used in the first North Atlantic submarine cable (TAT 1.) with American one-way flexible repeaters the centre conductor consisted of a copper wire to which three copper tapes were applied spirally to give a conductor 4.1 mm diameter. The rest of the cable is similar in design to the shallow water cable except that the armour wires are smaller (2.5 mm diameter) and are of high tensile steel. They provide longitudinal strength so that the cable can withstand the high stresses obtained during laying in deep water.

With the advent of the deep water rigid two-way repeater it became apparent that the externally armoured deep water cable could no longer be used with confidence. Due to the presence of the helical armour wires the cable twisted under the tension imposed during the laying operations and unless adequate tension was continually maintained, tended to form bights which were drawn into kinks when the tension was reapplied and which could cause serious damage. This danger became aggravated when rigid repeaters were included in the cable both because of the discontinuities introduced and because it was necessary to stop the ship to lay a repeater.

5.4. Lightweight Cable

This situation was, however, alleviated by the development by the British Post Office of a new type of cable having the strength member in the centre of the cable. It consisted of a 43 wire high tensile steel strand having 19 wires stranded left hand and 24 right hand. In consequence it is torsionally balanced when under tension and therefore no twisting takes place. The centre conductor was a single copper tape surrounding the steel strand and applied longitudinally with a box seamed joint.

The polythene core was .99 in (25.1 mm) in diameter and the outer conductor consisted of six spirally applied aluminium tapes. Overall was a polythene sheath. Owing to its construction the weight was very substantially reduced. This was the first of the so called lightweight cables (LW). It had roughly the same outside diameter as the 1956 armoured cable but the cable attenuation was reduced by about 33%.

In America the Bell Laboratories announced the completion in 1961 of their development of a similar type of lightweight cable. The construction was different in that the strength member consisted of 41 steel wires all stranded left hand and the outer conductor a single copper tape folded longitudinally with edges overlapping.

It will be realised that in this cable design the co-axial pair has reached the highest standard possible with currently available material. It was recognised that lightweight cables would only be suitable for use in deep water and a modified form of wire armoured cable, known as simulator cable, was designed to have similar transmission characteristics for use in shallow water with its greater trawler hazard.

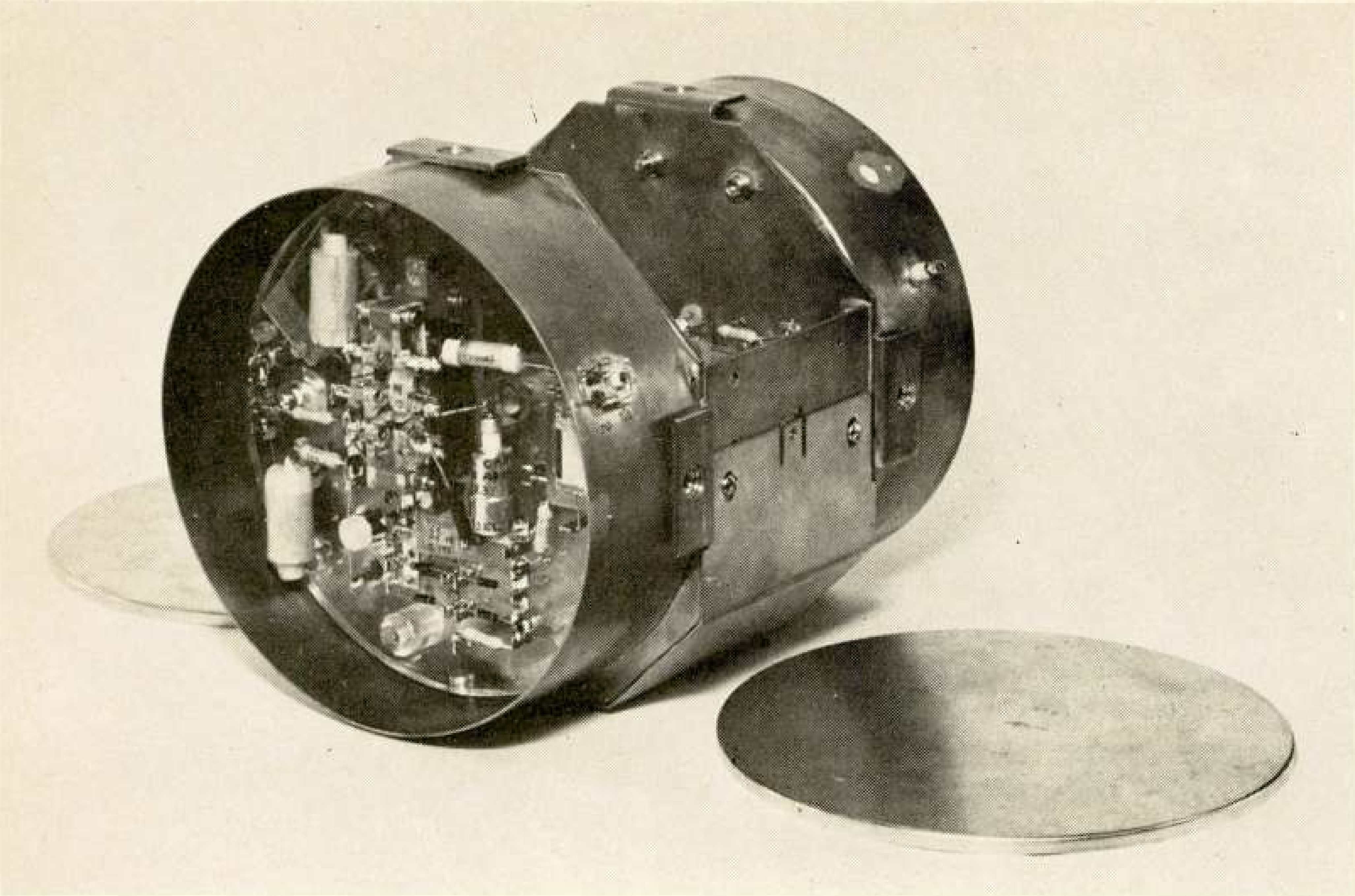


Fig. 4. 5 MHz transistorized submerged repeater amplifier (640 channels).

5.5. Laying Gear

At the same time development of new methods of laying in deep waters were in progress. The result of this work was the provision by the British Post Office of a multiple V-sheave cable engine. This equipment allowed the laying of the repeated cable over the stern without the necessity of stopping the ship during the laying of a repeater. The method used consisted of an ingenious arrangement for diverting the repeater to a trough parallel with the sheaves, the tension being taken by a flexible steel rope spliced to the cable at points ahead of and behind the repeater.

6. Long distance deep water systems

These developments, coupled with still further improved repeaters, provided an integrated submarine cable system suitable for long intercontinental circuits in very deep waters and made possible the completion in 1961 of the Cantat system between U.K. and Canada consisting of over 2000 n mile (3704 km) of lightweight cable, incorporating some 90 repeaters and equalisers and providing 80 3 kHz spaced voice circuits.

As stated by Messrs. Halsey and Bampton in the 'Proceedings of the I.E.E. Volume 110' this system was

- the first all British Transoceanic Telephone Cable,
- the first Transoceanic system to use rigid repeaters,
- the first Transoceanic system to use both way transmission on a single cable,
- the first system to use the new lightweight non-armoured deep sea cable.

Since 1961 a number of other systems of varying lengths have been provided using lightweight cable and similar repeaters. Thus in 1962 U.S. – Bermuda was laid using 31 repeaters and 4 equalisers, and during 1962 and 1963 the Commonwealth Pacific Cable (Compac) from Vancouver to Australia and New Zealand was laid. This system included some 8000 n mile (14816 km) of lightweight cable and over 330 repeaters with more than 30 shipboard adjustable equalisers.

During these last few years the A.T.T. had been developing a new submarine cable system (known as the SD) resulting in the laying in 1963 of a cable of 621 n mile (1150 km) between Jamaica and Panama and a number of long systems including two from America to Europe (TAT 3. and 4.) in 1963 and 1965.

This new American System followed British practice, both in principle and in a number of cases in detail. Thus the repeaters were now rigid repeaters capable of two-way operation. Parallel amplifier paths operating on the same feed-back path were also incorporated. The system was designed to operate over the American type lightweight cable described earlier and provided 128 3 kHz two-way voice circuits. To cater for the laying problems an American design of laying gear known as the caterpillar gear was developed and incorporated in the new A.T.T. cable ship 'Long Lines'.

In parallel with the development and production of long distance deep sea systems British designers were developing and installing systems around Europe providing 160 3 kHz channels on either conventional or lightweight cables. The experience gained with these systems in shallow waters was employed in the provision of systems for deep water long distance working on lightweight cable. Thus a system providing 160 channels was developed, incorporating all the precautions and facilities of the proved 80 channel long distance system that has been used so extensively on the Commonwealth and other systems.

Repeaters of this type were installed last year on the Seacom system between Cairns and Madang and Madang – Guam a total length of just over 3000 n mile (5556 km) employing about 135 repeaters.

With the increasing use of submarine cable systems a demand arose for systems giving an even greater number of circuits both for long and short haul operation. In order to meet this requirement a system has been developed in Britain to give 360 3 kHz circuits over distances of the order of 3500 n mile (6482 km). Special valves of high mutual conductance, and having a factor of merit about twice the best of the earlier types, have been

developed and provide the ultimate likely to be obtainable from valves having the required degree of reliability for long distance deep water submerged repeaters. The repeaters follow in principle the arrangements employed in earlier proven types although many improved techniques, resulting from continued field and design experience are incorporated. A large number of these repeaters are in process of manufacture and are expected to be in operation on long systems during 1968.

7. Future Trends

The 360 circuit system just discussed may be considered to be about the maximum attainable from the use of valve repeaters. The trend, however, is for systems of still greater capacity and for this reason alone a change to Transistorised repeaters is inevitable (fig. 4). The development of Silcon planor transistors of suitable reliability for deep water systems is now an accomplished and accepted fact. There remained until recently the problems of protecting the vulnerable transistors from possible voltage surges due to the cutting of the cable by a trawl or anchor. After much development work this problem too has been solved leaving the way open for the provision of both long and short haul systems providing 640 channels still employing the 1.0 in (25.4 mm) diameter lightweight type of cable for long distance systems or conventional armoured 0.935 in (23.8 mm) cable for short shallow water systems.

A cable of about 1000 n mile (1852 km) in length between the U.K. & Portugal will be equipped with over 130 repeaters of this type within the next few years. In America a long distance Transistorised system giving 720 circuits on a 1.5 in (3.8 cm) has been developed using Germanium transistors and will be laid in 1968 between the Virgin Islands and Florida. Future plans in Britain include the development of a fully Transistorised system providing some 1500 circuits and would necessitate the use of a larger diameter cable. The transistors for such a system have been under development for some time but the system presents many problems that remain to be solved.

In conclusion the author would like to express his thanks to Mr. E. Baguley for his help in relation to cable matters and to Messrs. Standard Telephones & Cables Ltd. for permission to publish the paper.

621.315.212:621.395.34

VII. Toekomstvisie over het benutten van de bandbreedte van coaxiale kabels

door ir. A. P. Bolle, Dr. Neherlaboratorium - Leidschendam

Summary: *Future possibilities for the use of the bandwidth of co-axial cables.*
In this article the author gives a description of the possibilities for the use of the bandwidth of co-axial cables in the future. Starting from the well-known 12 MHz-system for telephony, some considerations are given about the 60 MHz-system contemplated by the CCITT. The possible application of PCM on co-axial cables is mentioned with its advantages and disadvantages. Attention is also given to the use of co-axial cables for large-scale communal aerial TV-systems.

Wanneer wij de ontwikkeling van de telecommunicatie gedurende de afgelopen decennia overzien, kan worden geconstateerd dat die ontwikkeling wordt gekenmerkt door de vraag naar steeds meer bandbreedte. Enerzijds is dit veroorzaakt door het feit dat de vraag naar kanalen met beperkte bandbreedte groter wordt, anderzijds echter door het feit dat er transportmogelijkheden worden gevraagd voor signalen die op zich zelf meer bandbreedte behoeven.

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat deze ontwikkeling zich in de toekomst waarschijnlijk in versnelde mate zal voortzetten. De situatie in landen als de USA en Zweden, die – wat dit betreft – een aantal jaren op ons voorliggen, vormt daarvan een aanwijzing. Een stagnatie in de economische voortgang kan deze ontwikkeling enigszins afremmen, van een tegenhouden is echter geen sprake.

Onder de geleide-golf-systemen is de coaxiale kabel het transmissiemedium bij uitstek, dat op de vraag naar meer bandbreedte een doeltreffend antwoord kan geven. Ter toelichting: geleide-golf-systemen zijn systemen waarbij de geleiding van de elektromagnetische golven plaatsvindt langs het aanrakingsoppervlak tussen een geleider en een niet-geleider.

De bruikbare bandbreedte van een transmissiemedium wordt in eerste instantie bepaald door de overspraak, d.w.z. de koppeling tussen nabijliggende media, waaronder ook de storing door in-, respectievelijk uitstraling dient te worden verstaan zonder dat er sprake is van identieke nabijgelegen circuits. Technisch gesproken vormt de demping in mindere mate een beperkende factor, daar door de introductie van versterkers hierin vrijwel steeds kan worden voorzien. Het gevolg is dat voor de bekende symmetrische geleidingen ca. 500 kHz als de maximaal over te dragen frequentie kan worden aangemerkt. Hier kan dus slechts aan de vraag naar meer bandbreedte worden voldaan door het aanbrengen van nieuwe circuits.

Bij de coaxiale geleidingen neemt juist de overspraak af met toenemende frequentie en gaat beneden ca. 100 kHz transmissie van signalen met problemen gepaard. Weliswaar zal bij zeer hoge frequenties de overspraak weer toenemen als niet voldoende aandacht aan de zogenaamde elektrische dichtheid van de buitengeleider wordt geschonken. Wegens de straling door de dan aanwezige kleine openingen zal boven een bepaalde frequentie de overspraak zeer snel, met ongeveer de zesde macht van de frequentie toenemen en aldus ook aan de bovenzijde van de frequentieband een begrenzing gaan geven.

Is de elektrische dichtheid van de buitengeleider voldoende goed, dan kan men stellen dat de coaxiale geleider zich tot ca. 1 000 MHz als het transmissiemedium bij uitstek aandient. Bij

ongeveer die frequentie gaat men hinder ondervinden van de discontinuïteit van het diëlektricum – althans bij de gangbare schijfjeskabel – daar de onderlinge afstand van de schijfjes dan in de orde van 1/10 à 1/5 van de golflengte gaat komen. Weliswaar kan men hieraan ontkomen door het gebruik van een continu diëlektricum, hetgeen echter dempingsverhogend werkt.

De totaal beschikbare frequentieband – 100 kHz tot 1 000 MHz – is dus bijzonder breed en bevat onder meer ook de omroepbanden I en III (TV) en II (FM), een feit waaraan ook nog enige aandacht zal worden besteed. Toekomstbespiegelingen over het gebruik van de coaxiale kabel kunnen zich dus beperken tot een maximale frequentie in de orde van 1 000 MHz.

Welke mogelijkheden doen zich nog voor naast en boven de reeds allerwegen tot realisering gekomen 12 MHz-systemen voor 2 700 telefoonkanalen? Allereerst moet dan melding worden gemaakt van het 60 MHz-systeem, dat zich binnen de CCI reeds in een ver gevorderd stadium van normalisatie bevindt. Dit systeem biedt de mogelijkheid tot de overdracht van 10 800 telefoonkanalen. Een tussenvorm is het zgn. 40 MHz-systeem voor de overdracht van 7 200 telefoonkanalen. Vooralsnog beschouwt men deze systemen uitgaande van bekende 2,6/9,5 coaxiale kabel, waarbij de overspraak en de onregelmatigheden in dempings- en impedantieverloop van de kabel nader onder de loep moeten worden genomen.

Is men nog geheel vrij in de keuze van het kabeltype, dan staan andere mogelijkheden voor het 60 MHz-systeem open. De vraag kan namelijk worden gesteld of de coaxiale kabel 2,6/9,5 de meest economische oplossing biedt en of een coaxiale kabel met grotere afmetingen dan de zo juist genoemde niet tot een meer economische oplossing voert.

Veel is hierover nog niet bekend, al is het wel duidelijk dat het optimum in de lijnkosten, samengesteld uit kabelkosten en versterkerkosten, zeer flauw is. Bovendien komt een nieuwe kabel alleen in aanmerking wanneer er op het beschouwde traject nog geen coaxiale kabel ligt of wanneer de bestaande coaxiale kabel, reeds benut tot 12 MHz, zich om redenen van overspraak impedantie-onregelmatigheid of dempingsonregelmatigheid minder goed leent voor een banduitbreiding tot 40 respectievelijk 60 MHz. Naar mijn mening heeft het zoeken naar een gunstiger kabelafmeting betrekkelijk weinig zin, vooral gezien het flauwe karakter van het optimum en ook gezien het feit dat de kosten niet in hoofdzaak door de lijnapparatuur, doch – bij de afstanden die in Nederland een rol spelen – door de eindapparatuur worden bepaald.

Een probleem van dergelijke grote kanalenaantallen op één geleidingenpaar is het gebrek aan flexibiliteit door de moeilijkheden bij het afsplitsen van en het weer toevoegen aan het systeem van een groter of kleiner aantal kanalen. Het hier optredende filterprobleem kan worden vereenvoudigd door grote onderlinge frequentie-afstand tussen de pakketten van bijv. telkens 900 telefoonkanalen. Een ander punt is de kwetsbaarheid. Hieraan kan men ontkomen door toepassing van bundelsplitsing, waardoor weer meer afsplits- en samenvoegmogelijkheden nodig worden.

Dit was een overzicht van wat in de allernaaste toekomst voor realisering in aanmerking komt en we zullen nu overgaan tot mogelijke verdere ontwikkelingen. Wanneer we bedenken dat de informatie in normale conversatie, qua woordelijke inhoud, in de orde van 50 bits per seconde ligt en de capaciteit van een telefoonkabel in een FDM-systeem in de orde van 50 000 bits per seconde ligt, dan valt onmiddellijk de grote overdadigheid van het systeem in het oog. Uiteraard heeft dit punt reeds velen tot nadenken gestemd en er zijn dan ook in de loop der jaren verschillende mogelijkheden naar voren gekomen die een aanzienlijke verbetering zouden kunnen geven (Vocoder!). Een transmissiesysteem, dat in verband met een betere benutting van de capaciteit van het medium veel wordt genoemd, is de pulscodemodulatie en de daaraan verwante systemen.

Een paradox is echter dat, wil men per geleidingenpaar hetzelfde aantal kanalen handhaven als bij het FDM-systeem, men moet beginnen met 8 à 10 maal zo grote bandbreedte, wanneer wordt uitgegaan van de binaire uitvoeringsvorm van de PCM. Het is duidelijk dat de winst is gelegen in de andere dimensie, namelijk het vermogen. Men kan dus met een veel kleiner vermogen toe en indien – om het populair te zeggen – bandbreedte goedkoper is dan vermogen, zou de PCM voordelen kunnen hebben ten opzichte van de FDM. Men kan het ook als volgt formuleren: Zouden de impedantie-onregelmatigheid, de dempingsonregelmatigheid en overspraak de toepassing van een 60 MHz-FDM-systeem duidelijk onmogelijk maken, dan zou PCM een uitkomst kunnen bieden, waarbij men echter wel rekening moet houden met de grotere bandbreedte van PCM.

De overige voordelen van PCM ten opzichte van FDM, d.w.z. minder last van de thermische ruis op de verbindingsweg en van het optellen van dempingvariaties, alsmede een betere frequentiekarakteristiek voor het telefoonkanaal na demodulatie, zijn naar mijn mening van te weinig gewicht om de introductie van PCM te rechtvaardigen. Mocht men aan deze voordelen van PCM veel waarde hechten, dan is het goed te bedenken dat in principe de mogelijkheid aanwezig is aan FDM dezelfde eigenschappen te geven door toepassing van digitalisering van deze FDM.

In dit verband is het wellicht wel goed eens een waarschuwend geluid te laten horen tegen de mening dat PCM de panacée tegen alle kwalen zou zijn, zoals door sommigen – wellicht in een onschuldig enthousiasme – wel wordt beweerd. In de eerste plaats zijn de kwalen van FDM niet zo groot en in de tweede plaats is PCM ook beslist niet vrij van kwalen. Inderdaad wordt met PCM een betere capaciteitsvulling van het medium verkregen, doch heeft dit veel om het lijf als bandbreedte en vermogen in feite niet de kostenbepalende delen van een systeem zijn? Wat wel een rol speelt is de eindapparatuur en hierin ligt naar mijn mening de winst. De typisch digitale signaalvorm bij PCM maakt de toepassing van de steeds goedkoper wordende monolitische circuits mogelijk, terwijl de analoge signaalvorm van FDM gebruik moet maken van circuitelementen waarbij vooralsnog geen spectaculaire prijsverlagingen zijn te verwachten.

Samenvattend zal dus PCM in deze systemen voor grote kanalenaantallen haar intrede doen wanneer de kwaliteit van het transmissiemedium een toepassing van een vergelijkbaar FDM-systeem niet mogelijk maakt of wanneer de prijs van PCM-stapelapparatuur de kostenbalans ten gunste van PCM doet doorslaan. Een bijkomend voordeel van de PCM komt naar voren wanneer men denkt aan het geïntegreerde net. Ook bij PCM heeft men problemen met het afsplitsen en weer toevoegen van kanalen aan een systeem. Hierbij maakt men geen gebruik van filters, maar van tijdsleuven.

In de laatste tijd wordt wel melding gemaakt van een meerniveau-PCM-systeem. De onderlinge afstand der verschillende te onderscheiden niveaus is dan beter aangepast aan de op geleidingen aanwezige stoor- en ruisniveaus. Deze ruis en storingen zijn immers op geleidingen echt niet van een zodanige grootte dat de signaalkeuzemogelijkheid zich dient te beperken tot een eenvoudig ja of neen. Een belangrijk voordeel van een meerniveau-PCM-systeem is een beperking in de bandbreedte ten opzichte van de binaire PCM, waardoor – wat ruis en storingen betreft – het mes aan twee kanten snijdt.

Het is wel zeker dat bij een dempingsverloop, zoals dit zich

voordoet bij kabels, men met een binair PCM-systeem niet de optimale resultaten zal bereiken. Bij een medium met een vlak – d.w.z. frequentie-onafhankelijk – dempingsverloop is binaire PCM altijd in het voordeel ten opzichte van een meer-niveau-PCM.

Een derde methode voor het meervoudig gebruik van een transmissiemedium is gelegen in de 'code division multiplex-' of 'spread spectrum'-systemen. Hierbij benutten alle kanalen of eventueel groepen van kanalen de gehele tijd en de gehele frequentieband en onderscheiden zij zich door de coderingen. Men maakt dan gebruik van orthogonale signaalvormen, die juist daardoor van elkaar te scheiden zijn. De CDM is opgekomen in verband met de 'multiple access'-mogelijkheden, die bij de communicatie via satellieten worden gewenst. De problemen van het toevoegen en afsplitsen van kanalen of groepen van kanalen bij een veelkanalensysteem, vertonen veel gelijkenis met de 'multiple access'-problemen bij satellietcommunicatie. Het is daarom gewenst dat de CDM eveneens in de studie van systemen voor grote kanalenaantallen wordt betrokken.

Een verdere uitbreiding van het kanalenaantal per geleidingenpaar, hoewel technisch zeer goed te verwezenlijken, lijkt minder waarschijnlijk wegens de dan wel zeer kort wordende versterkerafstanden, tenzij men nog eens zou geraken tot de constructie van een kabel met inherente versterkers, een zgn. versterkende kabel, waardoor tal van problemen een geheel ander aanzien zouden krijgen. Daarbij komt nog dat in landen met afmetingen als het onze en met een zeer gespreide bevolking de vele noodzakelijke afsplits- en toevoegmogelijkheden de toepassing van veelkanalensystemen enigszins in de weg staan.

Van de lange-afstand-telefonieverbindingen wordt nu overgegaan op een geheel ander onderwerp, waarvan in het begin reeds gewag werd gemaakt. De 'coaxiale' frequentieband tot 1 000 MHz bevat ook de omroepbanden I, II en III. Van de coaxiale kabel kan dan ook een ruim gebruik worden gemaakt voor het bekende centrale-antennesysteem. Bij de huidige stand van de techniek voor versterkers voor de banden I, II en III, strekkende van 40 MHz tot 230 MHz, is het reeds mogelijk met behulp van een distributienet, bestaande uit coaxiale kabel met afmetingen in de orde van de CCI coaxiale kabel (2,6/9,5), stedelijke agglomeraties binnen een straal van ca. 7 à 8 km van één centraal punt uit van een groot aantal televisieprogramma's en FM-geluidsomroepprogramma's te voorzien. De versterkerafstanden zijn in de orde van 500 m.

De voordelen van dit systeem zijn duidelijk: vaak monstrueuze antenneconstructies kunnen van de daken verdwijnen en programma's van over de grenzen kunnen ook worden verspreid. Zij behoeven slechts van het ontvangstpunt aan de grens naar het centrale verspreidingspunt binnen de respectieve agglomeraties te worden gevoerd om van daaruit naar de aangeslotenen te worden geleid via het verdeelnet. De aangeslotenen dienen te beschikken over normale handelsontvangers, zowel voor TV als FM. De bestaande gemeenschappelijke antenne-inrichtingen kunnen in hun geheel worden aangesloten. De toepassing van het centrale-antennesysteem in de geschetste vorm stuit op een aantal bezwaren, die echter geheel buiten de techniek zijn gelegen. Zij zijn van juridische, auteursrechtelijke en dergelijke aard. In vele landen, o.a. de Verenigde Staten, Groot Brittannië, België en Zwitserland, zijn voorbeelden van dergelijke systemen tot stand gekomen.

Ook in Nederland zijn proefsystemen tot realisatie gebracht, die een groot succes zijn gebleken. Naar mijn mening zullen de niet-technische bezwaren niet kunnen verhinderen dat het centrale-antennesysteem binnen afzienbare tijd een landelijk karakter zal krijgen in Nederland en niet in Nederland alleen. De voordelen, eveneens van niet-technische aard, zijn namelijk o.a. een vereenvoudiging in de opkomst van regionale of stedelijke programma's en – wat nog belangrijker is – een eenvoudige verspreiding op internationale schaal van programma's, waardoor ook de televisie haar steentje zal kunnen bijdragen tot een integratie of eenwording in Europees verband.

De laatste tijd wordt wel melding gemaakt van de mogelijkheid die de satellietcommunicatie kan bieden voor de verspreiding van televisieprogramma's op wereldwijde schaal. Uiteraard zal deze mogelijkheid pas tot een realiteit kunnen uitgroeien na de verwerkelijking van het centrale-antennesysteem in de een of andere vorm, daar de ontvangstapparatuur voor door satellieten uitgestraalde signalen te ingewikkeld en kostbaar is om per individuele TV-ontvanger te kunnen worden toegepast. Bovendien zal nog moeten worden gewacht op het moment dat de door satellieten uitgestraalde vermogens wat groter zijn dan op dit ogenblik het geval is.

Het is duidelijk dat dit centrale-antennesysteem – althans voorlopig – alleen maar tot ontwikkeling zal kunnen komen daar waar de kabelaansluitkosten per abonnee gering zijn, d.w.z. in stedelijke agglomeraties. De zenders zullen dan tot taak hebben de landelijke gebieden en de centrale punten in de steden van programma's te voorzien.

Een laatste toepassing van de coaxiale kabel, die een grote vlucht zal nemen, is het besloten televisiesysteem (BTV). Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van een signaal in videoligging (0-5 MHz). Dit levert wel problemen op wat overspraak en het binnendringen van storingen (speciaal brom) betreft. Men is erin geslaagd hiertegen passende maatregelen te vinden, zodat technisch de BTV op video-basis nu zeer goed realiseerbaar is. Het is ook denkbaar dat BTV wordt geïncorporeerd in het centrale-antennesysteem door één of meer hf-kanalen binnen de band 40-230 MHz, doch buiten de omroepbanden gelegen, toe te wijzen aan BTV. Deze laatste mogelijkheid is vooral aantrekkelijk voor een schooltelevisiesysteem voor het geven van onderwijs van één centraal punt uit. Op de diverse scholen kan men dan gebruik maken van enigszins aangepaste TV-ontvangers, waarmee men naar behoefte ook de normale openbare CAS-programma's kan ontvangen.

De ontwikkeling van de bredebandversterker voor het centrale-antennesysteem is dermate hoopvol, dat het vrijwel zeker is dat binnen afzienbare tijd ook hierbij de frequentieband kan worden uitgebreid, zodat het systeem ook een gedeelte van of de gehele band IV/V zal omvatten. Uiteraard zal de versterkerafstand dan moeten worden verkleind bij gelijk blijvende kabelafmetingen. De mogelijkheden van het systeem worden dan schier onbeperkt en menigeen zal wellicht gruwen bij de gedachte aan het grote aantal TV-programma's dat op deze wijze in de huiskamers kan worden gebracht en de invloed daarvan op 's mensen geest. Men kan hier slechts op antwoorden dat de wijze, waarop de mens gebruik maakt van de door de techniek geboden mogelijkheden, zal bepalen of het een zegen dan wel een ramp zal blijken te zijn. Het is onjuist de technische ontwikkeling stop te zetten uitgaande van een verondersteld verkeerd gebruik.

Korte technische berichten

'Plumbicon'-camerabuis met verhoogde roodgevoeligheid

Enkele jaren geleden reeds werd door het Philips' Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven aangetoond dat het mogelijk is de fotogeleidende laag van de 'Plumbicon'-buis ook gevoelig te maken voor het zeer langgolvige deel van het spectrum van zichtbaar licht, dus voor dieprode kleuren.

Thans is de techniek van het opdampproces door P. P. M. Schampers verder uitgewerkt en door de Philips' Hoofd-Industrie-Groep Elcoma in praktijk gebracht. De roodgevoelige lagen kunnen worden gemaakt met een goede reproduceerbaarheid en levensduur, terwijl verder aan alle eisen van beeldkwaliteit, die aan zulke lagen gesteld worden voldaan wordt.

Het is bekend dat zowel bij het opnemen als bij het weergeven van kleurenbeelden via televisie, vooral het langgolvige gedeelte van het zichtbare spectrum, met name het diepe rood, in vele gevallen aanleiding geeft tot technische problemen. Bij de kleurgetrouwe weergave spelen uiteraard de spectrale kwaliteiten van de opneemapparatuur een belangrijke rol. De camerabuis is in dit opzicht een essentieel onderdeel van deze apparatuur. Door zijn grote gevoeligheid en zijn lineaire karakteristiek is de 'Plumbicon'-camerabuis waarvan de fotogevoelige laag uit opgedampt loodoxyde bestaat, algemeen geaccepteerd als de bij uitstek geschikte buis voor kleurentelevisie. De nieuwe, roodgevoelige 'Plumbicon-buis, toegepast in het rode kanaal van een kleurencamera, zal de natuurgetrouwheid van de kleurweergave nog aanzienlijk verbeteren. Met name zal dit het geval zijn voor mengkleuren (bijv. paars) waarin zeer langgolvig rood voorkomt.

Echter ook andere kleuren waarin rood voorkomt, zoals gelaatskleuren, worden beter weergegeven. Dit geldt niet alleen voor kleurentelevisie, maar ook voor de zwart-wit weergave van kleurenuitzendingen en van met een zwart-wit 'Plumbicon'-camera opgenomen beelden.

De grensgolflengte van de gevoeligheid is voor deze nieuwe buizen verschoven van ca. 6400 Å tot voorbij 8000 Å. De roodgevoelige laag absorbeert het opvallende licht beter dan de standaardlaag. Dit is aan de 'Plumbicon'-buis van buiten reeds te zien, doordat de fotogeleidende laag donkerder van kleur is.

Voornamelijk door de betere absorptie van rood licht (minder verstrooiing binnen de laag) is de met de roodgevoelige 'Plumbicon'-buis bereikte scherpte ook groter (modulatiediepte van het rode signaal ca. 50% bij 5 MHz), hetgeen een zichtbare verbetering in de beeldkwaliteit van een kleurencamera ten gevolge heeft. Het belangrijkste is echter de verbeterde kleurweergave en de winst in gevoeligheid die bereikt wordt.

Philips Research Press Release 683/326/no. 8/N.

Boekennieuws

Diodes and transistors under high localized pressure
Proefschrift drs. K. Bulthuis

In zijn – op 5 april 1968 aan de T.H. Eindhoven verdedigd – proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de technische wetenschappen stelde promovendus dat de opzet van het onderzoek dat hij heeft verricht, was een beter begrip te verkrijgen van het mechanisme van de veranderingen in de karakteristieken van silicium- en germaniumdioden en transistoren, die optreden wanneer afgeronde naalden worden gedrukt op deze halfgeleider-elementen.

Hierdoor worden plaatselijk zeer grote mechanische spanningen veroorzaakt. Uit metingen aan speciale structuren, waarmee de veranderingen in de dichtheid der minderheidsladingsdragers kunnen worden gevolgd en uit metingen aan planaire transistoren kon worden geconcludeerd dat in het gebruikte drukgebied het effect wordt veroorzaakt door veranderingen in de bandafstand van de halfgeleider.

Uit deze experimenten werden voor de uni-axiale drukafhankelijkheid van de bandafstand kwantitatieve resultaten verkregen voor verschillende kristalrichtingen. Deze komen goed overeen met waarden berekend met de deformatiepotentialentheorie. Het drukgebied waarin metingen van de bandafstand als functie van de uni-axiale druk zijn uitgevoerd is met dit onderzoek uitgebreid met een orde van grootte.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 6108, Den Haag.
Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG Den Haag.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Personalia

Afscheid ir. J. C. Verton
Op 1 maart 1968 nam ir. Verton afscheid van het Staatsbedrijf der PTT als hoofd van de afdeling Omroep en Televisie. De heer Verton heeft in zijn loopbaan bij PTT praktisch de gehele fascinerende ontwikkeling van de radio meegemaakt. Hij heeft ons land vele malen vertegenwoordigd bij het internationale overleg dat deze ontwikkeling met zich meebracht.

Ir. Th. J. Weijers, erelid van het Genootschap
Tijdens de op 20 maart 1968 gehouden algemene ledenvergadering werd ir. Th. J. Weijers bij acclamatie benoemd tot erelid van het Genootschap. Deze benoeming vond plaats op grond van de grote verdiensten van de heer Weijers voor het Genootschap. Als voorzitter van de examencommissie heeft hij van 1937-1952 leiding gegeven aan de examenactiviteiten van het Genootschap. Zijn grote deskundigheid op onderwijsgebied was een belangrijk element bij het snel verwerven van het vertrouwen in het Genootschap voor wat betreft deze examinering. Een en ander werd door de voorzitter in zijn toespraak nog eens uitvoerig gememoreerd.

In de periode na zijn pensionering vervulde ir. Weijers bovendien van 1 januari 1966–1 januari 1968 nog de belangrijke post van hoofdredacteur, tevens voorzitter van de redactiecommissie.

Dr. ir. G. H. Bast nam afscheid als directeur-generaal van PTT
In verband met het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd nam dr. ir. G. H. Bast per 1 april 1968 afscheid van PTT, bij welk bedrijf hij sedert 25 juli 1927 in dienst was. Tot 1946 was hij werkzaam bij de afdeling Kabels en Versterkers, van 1946-1954 was hij directeur van de laboratoria. In 1954 volgde zijn benoeming tot hoofddirecteur Telegrafie en Telefonie, terwijl zijn aanwijzing tot directeur-generaal plaatsvond per 1 mei 1959.

Van 1948-1957 was dr. ir. Bast als buitengewoon hoogleraar verbonden aan de Technische Hogeschool Delft. De senaat van deze zelfde T.H. verleende hem op 14 januari 1967 het eredoctoraat in de technische wetenschappen.

De heer Bast is Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw.